
雙月刊
核能簡訊
NUCLEAR NEWSLETTER
NO. 129
2011 APRIL
日本福島核電廠事故說明與評析
有關日本福島核電廠事故之問與答
福島核電災害的教訓　掌握即時資訊
核安演習的理論與實務　IAEA的觀點
不需要聞輻色變　生活環境中的天然輻射
日本劇震海嘯狂襲
引爆核能危機

核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER

NO.129 雙月刊

April 中華民國一百年4月號

封面圖片：福島電廠

## 福島事故報導

1 日本劇震海嘯狂襲 引爆核能危機 編 輯 室

## 專家剖析

7 日本福島核電廠事故說明與評析 李 敏

13 有關日本福島核電廠事故之問與答 清華大學原科院

## 專家建言

18 福島核電災害的教訓 掌握即時資訊 謝 牧 謙

21 核安演習的理論與實務 -- IAEA的觀點 謝 東 山

## 認識輻射

27 不需要聞「輻」色變 生活環境中的天然輻射 朱 鐵 吉

## 民眾如何應變

31 當核災來臨時 一般民眾如何因應 編 輯 室

## 核能新聞

34 國內外新聞 編 輯 室

出版單位：財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一O一號研發大樓208室
電　　話：（03）571-1808
傳　　真：（03）572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
E-mail：nicenter@nicenter.org.tw
發 行 人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、徐懷瓊、梁鐵民、黃文盛、劉仁賢、潘欽、李清山、謝牧謙、顏上惠（依筆畫順序）
主　　編：朱鐵吉
顧　　問：喻冀平
文　　編：鍾玉娟、翁明琪、陳婉玉
執　　編：卓姵吟
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：台北市民生東路二段166號6樓
電　　話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠

# 編者的話

3月11日星期五13：46，正當我們剛結束午休，準備著手下午的工作時，媒體傳來日本9.0大地震的消息。向來日本有絲毫動靜，都會牽動台灣的神經，更何況是人類史上第四大的強震。

強震過後，隨著驚人的海嘯席捲日本東北地區，災情如漣漪般不斷擴大。緊接著福島核一廠1號機發生反應爐無法正常冷卻，發生氫氣爆炸與輻射外洩事件，自此引發一連串驚心動魄的核子事故。

自1985年起，我國與日本就開始核能安全的技術交流，輪流舉辦核能安全研討會，至去年為止，已舉辦25屆。除了彼此分享研發成果與運轉經驗，雙方的核能專家也已培養出深厚的情誼；因此，對於日本發生福島事故我們特別感到震撼與憂心。今年的核安研討會原本預定7月中下旬在東京舉行，安排的參觀行程正巧是東京電力公司的電力展示館以及福島核電廠…

這次核子事故讓全世界使用核能的國家全都緊盯著事件的發展，以及東電的搶救措施；也不約而同地回頭檢視自己國內核電廠的安全防護措施，自問：「9.0的地震，以及20公尺高的海嘯，如果是發生在自己的國家，我們的核電廠能不能倖免於難？」各國核能專家應該都已經瞭解，這次核災的嚴重程度已經超過美國三哩島事故。

發生這麼嚴重且多重的天災，福島電廠外的其他設施無一倖免，而一個運轉30年的電廠，仍能屹立不搖，並未造成廠區附近民眾的傷亡，間接也證明了核電廠安全設計考慮的周詳，否則後果不堪設想。媒體沒有大幅報導的是化工廠與煉油廠的大火，那些火災所造成汙染化學物質的排放，對環境的影響，絕對超過福島核電廠所釋出的放射性物質。（p.10）

「禍兮福之所倚，福兮禍之所伏」，藉由福島核子事故的慘痛教訓，我們深切反省，深自惕勵。台電公司已擬定8項強化核能安全的措施，重新評估核電廠延役的可能性；原子能委員會在今年的核安演習中，應會考量是否將海嘯狀況納入演練項目。希望類似事件不再出現，即使出現，也恃吾有以待之。

福島事故一時半刻不會落幕，本期特別以專刊呈現各種角度的分析報導，往後各期也會隨著資訊的披露，提供讀者真實、不誇大的內容，希望民眾從中瞭解實際發生的情形，免除不必要的恐慌與疑慮。

# 日本劇震海嘯狂襲 引爆核能危機
# 福島核電廠事故報導

文・編輯室




▲ 日本311地震震央與福島電廠位置圖

日本東北部於3月11日下午2點46分（日本時間）發生芮氏規模9.0的超強地震，震央位於宮城縣外海。鄰近震央的福島第一、第二核電廠，隨後遭受海嘯侵襲，面臨日本史上最殘酷災害的考驗，同時也是全球核能工業21世紀以來最嚴峻的考驗。本文將針對福島電廠事故發展過程、與我國核電廠比較，以及核電廠的安全設計與因應地震海嘯的對策等讀者關心的議題，作完整的分析與探討。

日本福島第一核電廠位於福島縣雙葉郡大熊町，共有6座機組，都是屬於沸水式反應器，1號機於1970年3月啟用。今年3月11日14：46分受到9.0級地震及海嘯的影響，造成1號機正常及備用電源故障，導致反應爐無法適當地冷卻，隨後發生一連串嚴重的氫爆與輻射外洩事件，引發各國政府與民眾的嚴重關切。以下是福島核一廠核子事故演變的時序表：

▼ 福島核子事故發生時序表

| 機組 | 主要事件和因應 | 主要數據 |
|---|---|---|
| 1號機<br>**INES(註)5級** | 3/11 15:42 電源喪失<br>3/11 16:36 冷卻裝置無法注水<br>3/12 00:49 圍阻體壓力異常上升<br>3/12 09:07 實施排氣<br>**3/12 15:36 發生氫爆**<br>3/12 20:20 注入海水及硼酸<br>3/21 20:00 機器確認中(由2號機受電) (預定3/26回復)<br>3/22 11:20 反應器溫度上升(3/23以後溫度緩慢下降，3/24 09:00 225℃)<br>3/24 10:50 產生白色霧狀蒸汽<br>3/24 11:30 控制室恢復照明 | 水位(3/25 06:00)<br>(A)-1700 mm (B) -1650 mm<br>反應器壓力<br>3/25 06:00<br>(A) 0.365 MPag (B) 0.351 Mpag<br>圍阻體壓力<br>3/25 06:00 0.310 MPaabs |
| 2號機<br>**INES5級** | 3/11 15:42 電源喪失<br>3/11 16:36 冷卻裝置無法注水<br>3/14 13:25 冷卻機能喪失<br>3/14 16:54 反應器減壓操作，注入海水<br>3/14 18:06 實施排氣<br>3/14 22:50 圍阻體壓力異常上升<br>**3/15 06:10 發生爆炸聲響，壓力抑制室損傷**<br>3/15 08:25 發生白煙<br>3/17~ 恢復電源作業<br>3/20 15:05 對用過燃料池進行注水(約40噸)<br>3/21 18:22 從地板噴出水蒸汽<br>3/21 20:00 完成受電，機器確認中(預定3/24回復)<br>3/22 16:07 對用過燃料池進行注水(約40噸)<br>3/25 09:07 發現反應器廠房內的水從設備出入口流出，並流進一般排水口所遺留的痕跡 | 水位(3/25 06:00)<br>-1100 mm<br>反應器壓力(3/25 06:00)<br>(A) -0.020 MPag (B) -0.020 Mpag<br>圍阻體壓力(3/25 06:00)<br>0.12 MPaabs<br>用過燃料池水溫<br>(3/24 17:00)40℃<br>(3/25 06:00)28℃ |
| 3號機<br>**INES5級** | 3/11 15:42 電源喪失<br>3/13 05:10 冷卻裝置無法注水<br>3/13 08:41 開始排氣<br>3/13 13:12 反應器注入海水<br>3/14 07:44 圍阻體壓力異常上升<br>**3/14 11:01 發生氫爆**<br>3/15 10:22、3/16 06:40、3/16 08:47 廠界輻射劑量400毫西弗/小時<br>3/16 08:34及10:00 發生白煙<br>3/17以後 陸上自衛隊直昇機、自衛隊、消防車實施放水<br>3/21 15:55 噴出灰煙（18:02停止）<br>3/22 22:46 控制室恢復照明<br>3/23 16:20 噴出些微灰煙(3/23 23:30左右確認停止，3/24 04:50 再次確認停止) | 水位(3/25 06:10)<br>(A) -1900 mm (B) -2300 mm<br>反應器壓力(3/25 06:10)<br>(A)0.038 MPag (B) -0.097 Mpag<br>圍阻體壓力<br>0.290 MPaabs (3/20 16:00)<br>0.110 MPaabs (3/21 14:55)<br>DOWN SCALE (3/24 02:40)<br>0.1074 MPaabs (3/25 06:10) |
| 4號機<br>**INES3級** | 3/14 04:08 用過燃料池水溫達到84℃<br>3/15 09:38 3樓部分發生火災(自然熄滅)<br>3/16 05:45 發生火災(自然熄滅)<br>3/20 以後自衛隊、東京電力實施放水<br>3/21 20:00受到噴煙等影響，停止受電完成查驗作業<br>3/22 10:35完成受電，機器確認中 | 用過燃料池水溫無法量測<br>(從3/14 04:08開始)<br>用過燃料池水溫<br>100℃ (3/24 02:40)<br>指示不良 (3/24 13:00) |

| | | |
|---|---|---|
| 5號機 | 用過燃料池水溫有上升傾向<br>3/17 恢復電源作業中<br>3/18 完成屋頂開孔(應付氫氣問題)<br>3/19 05:00 餘熱移除系統起動，用過燃料池開始進行冷卻<br>3/20 14:30 冷溫停止<br>3/22 19:41 外部電源全部轉換完成<br>3/23 17:24 餘熱移除系統海水泵自動停止<br>3/24 16:35 交換故障的餘熱移除系統海水泵，海水泵開始運轉，冷卻系統模式開始運轉 | 用過燃料池水溫<br>62.7℃ (3/16 14:00)<br>65.9℃ (3/18 08:00)<br>35.1℃ (3/20 16:00)<br>42.6℃(3/23 22:00)<br>49.0℃ (3/24 17:00)<br>49.3℃ (3/25 06:00)<br>反應器水溫<br>50.7℃ (3/23 22:00)<br>82.7℃ (3/24 17:00)<br>65.8℃ (3/25 06:00) |
| 6號機 | 用過燃料池水溫有上升傾向<br>3/17 恢復電源作業中<br>3/18 完成屋頂開孔(應付氫氣問題)<br>3/19 22:14 餘熱移除系統起動，用過燃料池開始進行冷卻<br>3/20 19:27 冷溫停止<br>3/22 19:41 外部電源全部轉換完成 | 用過燃料池溫度<br>52.0℃ (3/20 03:00)<br>36.5℃ (3/21 17:00)<br>28.5℃ (3/24 17:00)<br>20.5℃ (3/25 06:00) |
| 其他 | 確認保存各機組用過燃料的共同用過燃料池滿水位，水溫57℃ (3/19 09:00)<br>目視檢測存放乾式鋼筒的廠房※外觀無異常<br>3/21 10:37 對共同用過燃料池進行注水（~15:30）<br>3/24 15:37 共同用過燃料池電源開始從外部電源供給 | ※廠房是用來存放用過燃料的乾式貯存容器<br>共同用過燃料池<br>57℃ (3/23 13:15)<br>73℃ (3/23 18:05) |

註：INES為「國際核子事件分級表」 資料出處：日本首相官邸原子力災害對策本部

▼ 國際核能事件分級制度基本架構

| 等級 | 準則1<br>廠外衝擊程度 | 準則2<br>廠內衝擊程度 | 準則3<br>安全防禦之衰減程度 |
|---|---|---|---|
| 7級<br>最嚴重意外事故 | 極大量放射性物質外釋：造成廣泛性民眾健康及環境之影響 | | |
| 6級<br>嚴重意外事故 | 發生顯著放射性物質外釋：造成須全面施行區域性緊急計畫 | | |
| 5級<br>廠外意外事故 | 有限度之放射性物質外釋：造成須部份施行區域性緊急計畫 | 嚴重之核心或放射性屏蔽毀損 | |
| 4級<br>廠區意外事故 | 輕微放射性物質外釋：造成民眾輻射曝露達規定限值程度 | 局部性核心或放射性屏蔽毀損之狀態或工作人員接受致命性曝露 | |
| 3級<br>嚴重事件 | 極小量之放射性物質外釋：民眾輻射曝露尚未達規定限值之程度 | 發生嚴重污染或工作人員超曝露導致急性健康效應 | 接近發生事故狀態，喪失安全防禦功能程度 |
| 2級<br>偶發事件 | | 發生重大污染或工作人員超曝露 | 發生潛在安全影響之事件 |
| 1級<br>異常警示 | | | 發生功能上之偏差 |
| 0級<br>未達級數 | 無安全顧慮 | | |



▲ 未發生事故之前的福島核一廠鳥瞰圖




▲ 發生事故之後的福島核一廠1-4號機

## 福島核一廠1號機v.s我國核一廠

我國的核一廠位於新北市石門的天然峽谷，離台北市直線距離約28公里，占地約245公頃，廠區內裝置兩部63.6萬瓩汽輪發電機組，總裝置容量為127.2萬瓩。核一廠1號機於民國67年12月10日開始商業運轉，2號機則於68年7月15日開始商業運轉。

兩座反應爐壓力槽的鋼板厚5英吋，重達450公噸，可承受高溫與高壓。發電用的二氧化鈾燃料密封裝置在壓力槽的核心位置。在反應爐外面，再以一個5/8吋厚，稱為一次圍阻體的燈泡型大鋼殼將反應爐及主要的冷卻設備包封在內，以防止輻射物質的洩漏。一次圍阻體外利用厚度達6英呎的鋼筋水泥遮蔽牆圍繞，以阻擋輻射及保護反應爐不受外物撞擊。水泥遮蔽牆之外再包封稱為二次圍阻體的鋼筋混凝土的廠房。一切有關安全的設備都以最高的耐震等級設計，且以雙重的氣鎖門封隔在廠房之內，確保縱使有輻射洩漏也都會包容在多重的隔離之內，不致擴散到電廠外產生環境污染。

## 因應核災 加強核電廠安全措施

日本福島核電廠發生311核子事故以後，台電公司除密切注意後續發展，並立即對國內核電廠全面重新檢視。在日本福島核子事故正式調查報告及改善建議公布前，先行檢討各核電廠弱點。台電公司將進行8項核能安全強化措施如下：

一、 加強廠區防災演練
二、 加強預防性維修
三、 成立海嘯總體檢專案小組
四、 檢討各核電廠用過燃料池冷卻功能
五、 強化各核電廠的耐震能力
六、 加強緊急柴油機、氣渦輪發電機的可靠度

▼ 日本福島電廠與國內類似核能電廠之比較

| | 福島第一核電廠1號機 | 福島第一核電廠2/3號機 | 核一廠1/2號機 |
|---|---|---|---|
| 反應器型式 | 沸水式反應器第3型 | 沸水式反應器第4型 | 沸水式反應器第4型 |
| 圍阻體型式 | 馬克I式 | 馬克I式 | 馬克I式 |
| 開始商業運轉時間 | 1971-03 | 1971-03 | 1978-12(1號機)<br>1979-07(2號機) |
| 備用電力 | 每部機兩台緊急柴油發電機 | 每部機兩台緊急柴油發電機 | 每部機兩台緊急柴油發電機<br>**共用一台緊急柴油發電機**<br>**共用兩台氣渦輪發電機** |
| 其他注水 | ? | ? | 消防水或消防車<br>**(透過現有專用管路)**<br>**10萬噸水池/溪水** |

▼ 台電公司4座核電廠防海嘯、防地震設計一覽表

| 單位:公尺 | 核一廠 | 核二廠 | 核三廠 | 龍門電廠 | 日本福島電廠 |
|---|---|---|---|---|---|
| 海嘯可能上溯高程 | 10.73 | 10.28 | 11 | 8.07 | ? |
| 廠址設計高程 | 12 | 12 | 15 | 12 | 5 |
| 離岸距離 | ＞500 | ＞500 | ＞500 | ＞500 | 100 |
| 基盤輸入基準值 | 0.3g | 0.4g | 0.4g | 0.4g | |
| 基盤與地表高度差 | 14.8公尺 | 16.2公尺 | 11.3公尺 | 26公尺 | |
| 地表加速度 | 0.47g | 0.78g | 0.53g | 大於0.4g<br>目前尚未分析 | |



▲ 我國核一廠

七、 提高核電廠硼酸存量

八、 檢討事故處理準則與日本福島電廠此次處置的改善措施

關於環保團體提出反對核電廠延役、全面體檢核電廠及龍門電廠停建等訴求，台電公司表示：

## 重新檢視核電廠延役

台電公司於98年7月24日向行政院原能會提出核一廠延役申請，目前原能會尚未完成審查，核二廠延役及核三廠延役則尚未提出申請。台電公司將密切注意福島核子事故後續發展，並依包括國際原子能總署在內的國際核能組織針對福島核子事故所公布的報告及改善措施，重新評估各核電廠延役的可行性，確屬可行後，再向原能會提報。

## 全面體檢核一、二、三廠

此次日本地震後，世界核能發電協會(WANO)已於3月17日向會員提出有關福島事故的重大營運經驗報告，協助全球各核電廠在最短期間妥適整備，台電公司將據以採取改善措施。

此外，台電公司將繼續掌握包括國際原子能總署(IAEA)在內的國際核能組織的建議，以及世界核能大國對現有機組所採行的措施，採取必要的作為。

## 「確保安全」是龍門電廠工程進行的首要前提

日本震災引發複合性重大災害後，台電公司審慎檢討龍門電廠現況，認為：

一、龍門電廠工程在核燃料裝填之前，絕無任何發生核子事故的疑慮。

二、龍門電廠工程進度截至2月底近93%，經費支出新台幣2,427億餘元，廠房及主要設備都已完成安裝，目前正進行儀器及電氣電纜重新檢整工作。

三、電纜檢整工作完成後，將進行分項系統功能測試及整體系統整合功能測試。有完整的測試報告才能進行安全體檢，驗證其安全性。

四、龍門電廠完成系統測試後，需接受原能會完整的安全檢查與管制，確保安全無虞方能取得原能會的核燃料裝填許可。


參考資料：

1. http://i1107.photobucket.com/albums/h384/reactor1/japan_map1.jpg
2. 「3月11日日本東北地區大地震，福島第一核電廠輻射外釋事故簡報」，行政院原子能委員會，http://www.aec.gov.tw/www/upload/news_file/201172154431.pdf
3. 「3月17日日本東北地區大地震福島第一核電廠輻射外釋事故狀況說明」，行政院原子能委員會， http://www.aec.gov.tw/www/upload/news_file/201175152407.pdf
4. http://wapp4.taipower.com.tw/nsis/option0-1.asp
5. http://www.taipower.com.tw/news/news1717.htm

# 日本福島核電事故說明與評析

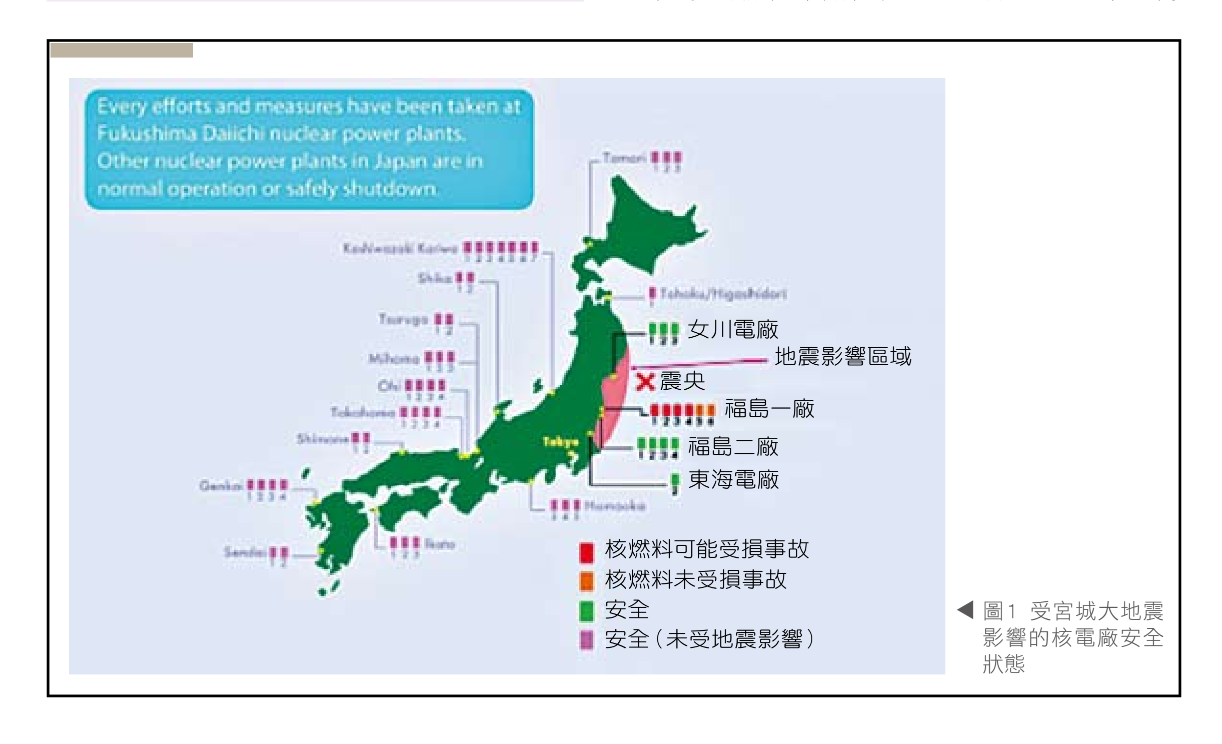
文·李　敏

3月11日日本時間下午2點46分芮氏地震儀規模9.0級的強震襲擊日本，造成東京電力株式會社的福島核電廠發生輻射外釋的嚴重事故，引起全世界的關注。截至目前為止，事故還在持續演變中，以下簡單介紹福島電廠、說明核電廠的安全設計、嘗試交代事情發生的始末、對台灣造成的影響。

## 宮城大地震及其影響

地震震央位於日本東北地區牡鹿半島東岸130公里的海上，震源深度為32公里。地震發生數分鐘後浪高達10公尺以上的海嘯衝擊日本海岸，有些地區海嘯影響的範圍達內陸10公里。這是日本史上最大的地震，自1900年有記錄以來，世界排名第5的地震。日本首相菅直人認為這是日本二次大戰後所面對的最大危機。

如圖1所示，受地震影響的電廠共有女川電廠（3部機組，1部運轉中）、福島一廠（6部機組，3部運轉中）、福島二廠（4部機組）、東海電廠（1部機組）。地震發生後，9部運轉




◀圖1　受宮城大地震影響的核電廠安全狀態

中機組全部安全停機，但地震與隨之而來的海嘯對各電廠造成不同的損害，唯有福島一廠的事故繼續惡化成輻射外釋的嚴重事故。

## 福島電廠

日本東京電力株式會社是全日本最大，全球第4大的電力公司，擁有福島一廠、福島二廠、與柏崎刈羽電廠3座核電廠。福島一、二廠分別擁有6部與4部沸水式反應器，總裝置容量為469.6 與440萬瓩。福島一廠1號機為沸水式反應器第3型、2-5號機為沸水式反應器第4型、6號機為沸水式反應器第5型；福島二廠4部機組全為沸水式反應器第5型。

基本上，這3型沸水式反應器的設計非常類似，而第4型與第5型可以視為標準化的機組。台灣核一廠所採用的機型也是沸水式反應器第4型，商轉時間也與福島一廠的3-5號機非常接近。

## 電廠安全設計

核電廠的安全顧慮來自會釋出輻射的放射性物質。安全設計上採用多重的屏障將放射性物質層層包覆，這些屏障包括燃料丸、燃料棒護套、封閉的冷卻水系統（壓力槽與管線）與圍阻體（圖2）。事故中，只要一層屏障能夠發揮功能，放射性物質就不會大量釋放到外界環境，造成對民眾與環境的傷害。

三哩島事故中，反應器爐心已經熔毀，也就是前三項屏障均已喪失功能，但圍阻體保持完整，成功的防止了放射性物質的外釋。圍阻體的設計與事故中完整性的確保，是核電營運的重大議題。

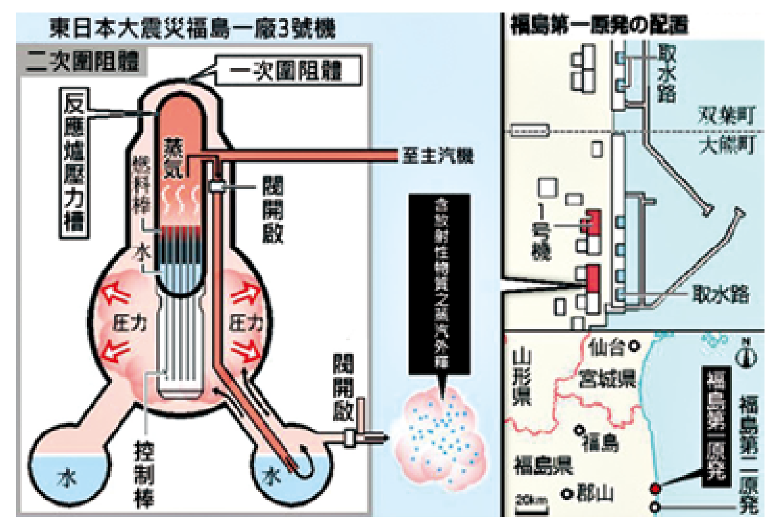
福島一廠1-5號機的圍阻體為馬克1型設計，6號機採用馬克2型。台電核一廠的圍阻體也是馬克1型；美國也有23 個機組採用此類型圍阻體。圖3所示為典型的馬克1號圍阻體，包括形狀像一個倒置的傳統電燈泡的乾井；以及類似甜甜圈狀的溼井。溼井內灌水形成水池，稱為抑壓池；乾井與溼井間有管道相通。溼井與乾井材質均為鋼板，乾殼圍阻體置於混凝土結構內，整個結構再置於反應器廠房內。反應器廠房維持負壓，又稱為二次圍阻體。為防止氫氣爆炸的發生，正常運轉時，馬克1號圍阻體會充氮，因此圍阻體內無氫爆的可能。

放射性物質會持續釋出輻射，而輻射是能量的一種形式，核電廠安全最大的挑戰為，必須持續不斷的將燃料丸中放射性物質釋出的衰變熱移除。事故發生後，正常系統無法使用時，須使用多重與多樣的備用安全系統將冷卻水注入壓力槽，把熱自系統內移除。

由於目前的反應器的備用安全系統大都需要交流電為動力，因此交流電源的可靠度為重要的考量。一般核電廠交流電的來源包括廠外電源、每機組兩台緊急柴油發電機，台灣核電廠尚有兩機組共用的第5台柴油發電機與氣渦輪發電機。

反應器正常運轉所使用的系統、備用的安全系統與電力系統的耐震能力需要超過「安全停機設計基準地震」。核電廠設計基準地震的大小與電廠的位置與地質結構有關，是以重力加速度來表示；在一定範圍內若是有活動斷層，是不准建核電廠的。此外仍需調查在較大範圍內活動斷層的活動記錄，再依理論計算該廠址的設計基準地震值的大小。2007年日本新潟地震超過東京電力柏崎刈羽核電廠的設計基準地震，因此電廠的7部機組全部停止運轉。隨後加強設備的耐震能力，目前已有4部機組回復運轉。

為確保運轉人員在事故發生時，能夠採取正確的措施，核電廠有運轉員必須嚴格遵循的「緊急操作程序書」，逐步將機組帶回穩定狀態；若事故的演變超過設計基準，運




▲ 圖2 福島核一廠3號機

轉員要在應變組織的協助下，依「嚴重事故處理導則」採取非傳統的措施，確保燃料被冷卻水覆蓋、維持圍阻體的功能。以上非傳統措施包括引進海水進行冷卻，而如何引進海水與引進的時機在「嚴重事故處理導則」均有描述。「緊急操作程序書」與「嚴重事故處理導則」的遵循與了解，成為電廠運轉人員與應變組織成員的訓練重點。

若電廠的應變組織依程序書判定事故會持續惡化，圍阻體有喪失功能的可能，或者電廠已有放射性物質外釋，就會通知地方與中央政府，依規定與規劃進行廠外的緊急應變。以上所述是所有使用核能的國家的標準做法，也是核電廠安全的一部分。

## 福島核電一廠事故

福島電廠共有6部機，地震發生時有3部在運轉（1-3號），3部處於停機維修狀態（4-6號）。以下將分別說明兩種不同狀況下機組的事故演變。

### 一、運轉中機組

根據美洲核能學會所提供的簡單說明，運轉中機組事故演變的大概情形為：

地震發生後，控制棒成功插入爐心，核分裂連鎖反應停止；海嘯將輸配電系統沖毀，造成廠外電源喪失（也許強震時即已喪失）。緊急柴油發電機成功啟動供電，緊急安全系統開始運作。柴油發電機供電1小時後停止運轉，原因為海嘯造成柴油發電機燃料供應系統的故障，緊急安全系統因沒有交流電而無法運作。反應器可能發生小破口冷卻水流失事故，造成冷卻水自壓力槽的流失。

此時仍可利用汽機帶動（不需交流電力即可運轉）的「爐心隔離冷卻系統」，維持爐心水位，並將熱導入圍阻體。約8小時後，直流電耗盡，控制閥無法動作，「爐心隔離冷卻系統」喪失功能。在無法補水的狀況下，爐心水位降低，造成燃料頂端不再被水覆蓋，此時稱為爐心裸露。

爐心裸露後，燃料棒護套溫度大幅上升，鋯合金材質的護套迅速被水蒸氣氧化，產生大量氫氣，燃料棒內揮發性較高的分裂產物（碘、銫與惰性氣體）自破裂的燃料棒釋出，進入圍阻體；但圍阻體持續接受衰變熱，溫度與壓力持續上升，達到設定值時，運轉員依「嚴重事故處理導則」進行圍阻體排放措施，透過間歇式的排放洩壓，避免圍阻體因過壓而完全喪失功能。圍阻體排放造成氫氣與放射性質進入反應器廠房，氫氣與氧氣接觸後產生氫爆。

反應器廠房設計時，故意將上層結構減弱，若發生廠房內部爆炸，會造成廠房的上部解體，但不會傷到圍阻體。這是為什麼網

路照片顯示，建築物上半部於爆炸後消失，只剩下鋼筋，但下半部仍然完好。反應器廠房上部解體，經由圍阻體排氣釋入反應器廠房的少量輻射物質已進入外界環境。新聞影片中顯示反應器廠房在爆炸後有大量的白煙，應該是釋出的水蒸氣凝結後的水滴。

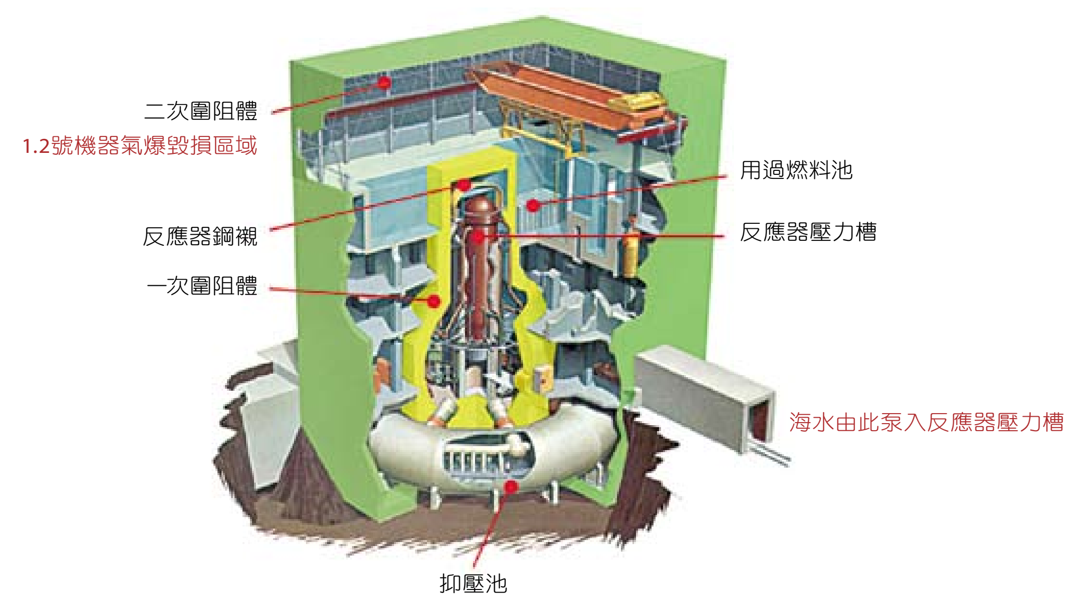
機組搶救最主要的措施是尋找水源，注入壓力槽，使爐心的燃料被水覆蓋，以降低燃料的溫度，並設法將進入圍阻體的熱帶出。日本最後採取的措施為將海水灌入壓力槽（或圍阻體），衰變熱造成海水的蒸發，達到移除熱的目的。只要燃料維持在低溫，放射性物質也不會再自燃料中釋出。

由於每個機組設備損壞的狀況不一樣，以及運轉人員採取措施的時間不一樣，因此每個機組事故演變的過程與時序也不相同。根據媒體的報導或網路的資料，福島一廠1號機的圍阻體功能正常，2號機與3號機圍阻體有可能損壞，但即使有損壞，應該也是洩漏，而非大型破口。1號機與3號機的反應器廠房嚴重損壞，2號機反應器廠房完好。

## 二、維修中機組

核電廠處於維修狀態時，燃料雖然仍會產生衰變熱，但熱量會隨著停機時間而降低；維修時壓力槽頂蓋與圍阻體均處於開啟的狀態，因此注水移除熱相對的容易。如圖3所示，反應器廠房的右上角，設有一座用過燃料貯存池，池內存放著大量的用過核燃料。通常核燃料上方有20英呎深的水，水可做為輻射的屏蔽，也用於維持燃料的冷卻，為移除用過核燃料產生的衰變熱，貯存池有獨立的熱移除系統。

熱移除系統喪失功能時，池水的溫度會逐漸升高，進而達到沸騰，池水會因蒸發而逐漸減少。如果未及時發現，造成用過核燃料的裸露，同樣會造成燃料棒溫度上升、燃料棒護套鋯合金與水蒸氣發生反應，產生大量的熱與水蒸氣。如果持續惡化，也會造成燃料的熔毀，但這需要非常長的時間。由於燃料池是開放的空間，燃料池喪失冷卻後用水管補水即可。




▲ 圖3 沸水式反應器馬克一型圍阻體

福島一廠4號機因喪失電源而喪失冷卻，也許貯存池因地震而有漏水的現象，最後燃料裸露，護套溫度上升氧化產生大量氫氣，氫氣爆炸或者燃燒造成反應器廠房的毀損。此時用過燃料池內的用過燃料所釋出的輻射少了水與建築的屏蔽，直接造成環境劑量，使得4號機反應器廠房毀損後，廠區內劑量大幅攀升，遠超過安全限值。

這種現象雖然提高了廠區的劑量，卻不會對離電廠較遠的地方造成影響。同樣的，要搶救用過燃料池中的核燃料，只要將水注入貯存池即可。新聞報導中的直升機空投水與消防隊員的水管噴水，都是為了替貯存池注水。據新聞報導，3號機的用過燃料貯存池也有相同的問題。

## 事故評析

此次事故所產生的氫氣量已足以引起爆炸，可以推測爐心熔毀的程度應該蠻大的。但爐心是否已經完全熔毀，壓力槽是否已經失效，造成熔融的爐渣進入圍阻體，還沒有足夠的訊息可以判定。此事故與1979 年的三哩島事故類似。三哩島事故中，圍阻體維持功能，因此未造成大量放射性物質的外釋。

此次日本的事故，推測有兩個機組的圍阻體喪失完整性，其影響程度應大於三哩島事故。由於日本的電廠是輕水式反應器，與車諾比爾的石墨水冷反應器的物理性質完全不同，因此這次事故影響的程度，絕對不能與車諾比爾災變的影響程度與範圍來類比。

車諾比爾電廠採用石墨水冷反應器，這類型反應器有可能發生核分裂連鎖反應失控的情形。反應器在瞬間解體，將爐心各類放射性物質拋向大氣；釋出的能量又引燃石墨，石墨燃燒的溫度高達5,000度，眾多的放射性物質也於石墨燃燒時釋出。

輕水式反應器在核分裂連鎖反應上具有自我抑制的特質，因此反應器不可能於事故的瞬間解體。輕水式反應器擔心的是熱移除的事故，熱無法移除時，溫度緩慢上升，最終熔毀。在這過程中，燃料棒護套破裂後，惰性氣體會首先釋出，如果燃料溫度持續上升，碘與銫等揮發性較高的分裂產物會開始釋出。其他以氧化態存在的放射性物質會停留在燃料丸或熔融的爐心內。

如果事故持續惡化，熔融的爐心造成反應器壓力槽失效，熔融爐心自壓力槽進入圍阻體的爐穴區，會與混凝土產生作用。混凝土分解產生的氫氣與一氧化碳，改變了放射性物質的化學型態，低揮發性的放射性物質才有可能釋出。對輕水式反應器而言，爐心熔損事故的發生，並不代表會有毀滅性的災難發生。

用核能工業界的術語，福島核電廠所發生的事故稱為嚴重事故，它確實已超出電廠「設計基準事故」的範疇，但絕不是超出想像的事故。在規劃電廠安全措施時，在計算核電廠風險時，在執行電廠人員訓練時，這類型的事故都被討論過。

根據網站上的資料，地震發生前，福島一廠1-3號機正常運轉，4-6號機停機大修中。媒體報導1-3號機陸續發生狀況，可能是地震或海嘯造成「共因失效」，影響了安全系統的正常運轉。

大家或許認為核電廠也太脆弱了，但這麼嚴重的天災，周邊設施無一倖免，一個運轉30年的電廠，能屹立不搖，並未造成民眾的傷亡，證明了核電廠安全設計考慮的周詳。媒體沒有大幅報導的是化工廠與煉油廠的大火，那些火災所造成汙染化學物質的排放，對環境的影響，絕對超過福島核電廠所釋出的放射性物質。

## 事故釋出的放射性物質對台灣的影響

媒體報導與網路資訊顯示，福島電廠廠址的劑量非常高，一度達到背景值的4,000倍。這些輻射劑量有3個來源，包括廠內的輻射物質喪失屏蔽後，直接造成的劑量（例如前述的低水位的用過燃料貯存池）；自爐心釋出的高揮發性放射性物質，漂浮在大氣中，釋出輻射造成劑量，這也就是所謂的輻射塵。輻射塵沉積在地表，釋出輻射而造成劑量。三者中只有輻射塵有機會隨著大氣擴散漂浮到遠方，其他兩項的影響只限於廠址或廠址的上空。

事故釋出的放射性物質會隨著空氣的流動，在大氣中擴散；隨著距離的拉遠，濃度會逐漸稀釋。若風向是自日本吹向台灣，以目前的核種偵測能力，我們一定可以找到事故釋出的核種；但從劑量的角度來看，其影響將會微不足道。地球本來就具有背景輻射，背景輻射的強弱受到許多因素的影響，隨時會改變。日本福島電廠事故釋出的輻射所造成的劑量，應在背景輻射強度的變動範圍內。目前的風向並非東北風，因此台灣受到影響的程度可能微乎其微。

## 從風險的角度看核能發電的使用

在發生地震前，電廠6部機組均能順利的運轉。也許是地震的強度或隨之發生的海嘯超出了電廠的設計基準，或者是東京電力的工作人員在緊急狀況下處理失當，使得電廠失控，發生輕水式反應器使用史上最嚴重的事故。事故發生的原因為天然災難，這是無庸置疑的；也就是說，沒有地震或海嘯，日本核電廠放射性物質外釋的事故應不會發生。

對日本而言，核電廠因地震與海嘯發生輻射外釋的輻射事故是事實；對台灣而言，核電廠因地震與海嘯發生事故是風險，也就是說有可能發生，也可能不會發生。台灣核電廠附近發生強度破表地震的機會是多少?地震發生後引發海嘯的機會又是多少?可能只有地質或地震專家可以提出見解。即使所有的專家能夠有共識的提出一個數字，這數字該如何解讀，恐怕又是各自表述。

由風險的角度來看，如果不使用核能發電，當能源危機再度發生時，我們須承擔能源供應與價格飆漲的風險，也必須承擔「碳足跡」成為競爭力的一部分時，台灣產品喪失全球競爭力的風險。

依據2009年國際核子工程的評比，台電公司核電廠的運轉績效，全球排名第4，僅次於芬蘭、荷蘭、與羅馬尼亞。前三名的國家，其核電機組的數目與規模均低於台灣。台灣確實有能力順利、安全的運轉核電廠。

## 結語

目前不了解此次地震對電廠的衝擊，是否超過該電廠的「安全停機設計基準地震」，也不了解電廠設備的損害是地震還是海嘯造成的，因此無法判定台灣是否會發生類似的事故。台灣3座核電廠均將海嘯列為設計基準的一部分，可以承受10米以上的海嘯。但是如果台灣核電廠附近發生超過電廠防震設計基準的地震時，類似事件發生的可能性應無法排除！

福島一廠事故有很多細節尚未明朗，可以預期的是全世界的核能業者，包括電力公司、反應器製造商、法規管制單位與學術單位都會確實檢討此次經驗，並記取教訓，積極改善電廠的不當設計，建造與運轉更安全的電廠。「前事不忘，後事之師」一直是核能業者最基本的工作態度，也是面對挫折挑戰的不二法門。

（本文作者為清華大學工程與系統科學系教授）

# 有關日本福島核電廠事故之問與答

文・清華大學原子科學院

日本福島核電廠事故發生迄今，我國社會各界也對核能安全投以最高的關注。清華大學原子科學院作為全國高等學府中唯一對核能科技深耕研究的學術單位，深感有責任向社會大眾誠懇地說明事件由來、可能影響及正確的應對態度。該院教師在既定的繁忙教學研究行程之外，仍盡可能抽出時間接受各家電子與平面媒體的採訪，善盡學術人的職責以舒緩民眾的不安及疑慮。以下「有關日本福島核電廠事故之問與答」乃是該院教師群對此一核電事故的總體說明，期望有助於建立社會大眾對核能事故的科學觀察角度，並澄清部分不甚正確的誤解與迷思。

## 1. 發生在日本福島核電廠的爆炸是一種核爆嗎？

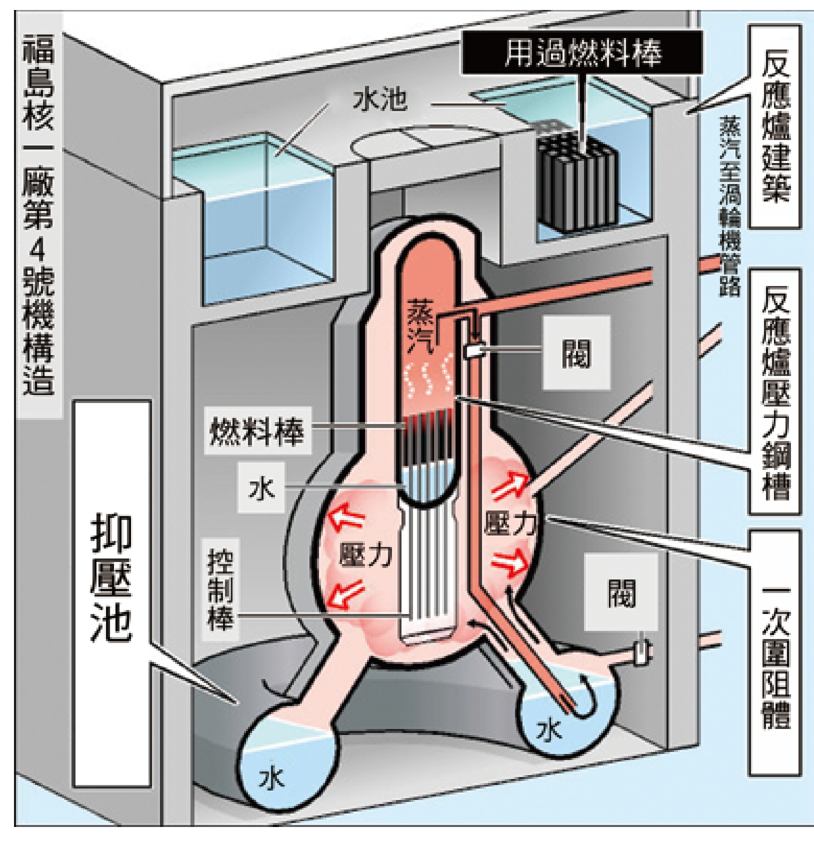
不是。福島核電廠1號機、3號機及4號機爆炸的主因都是氫氣爆炸。福島電廠使用輕水式反應器，輕水也就是普通水；輕水式反應器具有自我抑制的特質，即核分裂連鎖反應不會在事故中失控。使用輕水式反應器的電廠反應器爐心燃料只會熔毀，不會爆炸。福島核電廠的爆炸是氫氣爆炸。

## 2. 什麼原因導致福島核電廠發生氫氣爆炸？

根據美洲核能學會所提供的簡單說明，事故發生的大致情形為：地震發生後，控制棒成功插入爐心，核分裂連鎖反應隨即停止，反應器立即進入停機狀態。停機後的爐心仍有餘熱持續產生，必須藉由「緊急爐心冷卻系統（ECCS）」的接續運作來移除熱。

「緊急爐心冷卻系統」主要包括了做為第一道防線的「高壓注水系統」、做為第二道防線的「爐心噴灑系統」與「低壓注水系統」、以及做為ECCS最後一道防線的「爐心隔離冷卻系統」等4個子系統。不過，海嘯將輸配電系統沖毀，造成廠外電源喪失【註：也許強震時即已喪失】，導致廠區內無電可用。

幸賴緊急柴油發電機成功啟動供電，ECCS開始運作。但不幸的是海嘯造成柴油發電機的燃料供應系統故障，柴油發電機供電1小時後即停止運轉並導致電廠全黑，




▲ 圖1 福島核一廠4號機構造圖

時，具防護功能的自動釋壓系統會立即動作，安全閥被開啟並將水蒸氣、氫氣與伴隨的放射性物質導入一次圍阻體的抑壓池中。

在廠外電源與緊急備用電源依舊缺乏的情況下，包圍著壓力槽的一次圍阻體也出現溫度與壓力均快速上升的現象，為了維護圍阻體的完整性，運轉員於是依「嚴重事故處理導則」執行圍阻體排放措施，進行間歇式的排放釋壓。

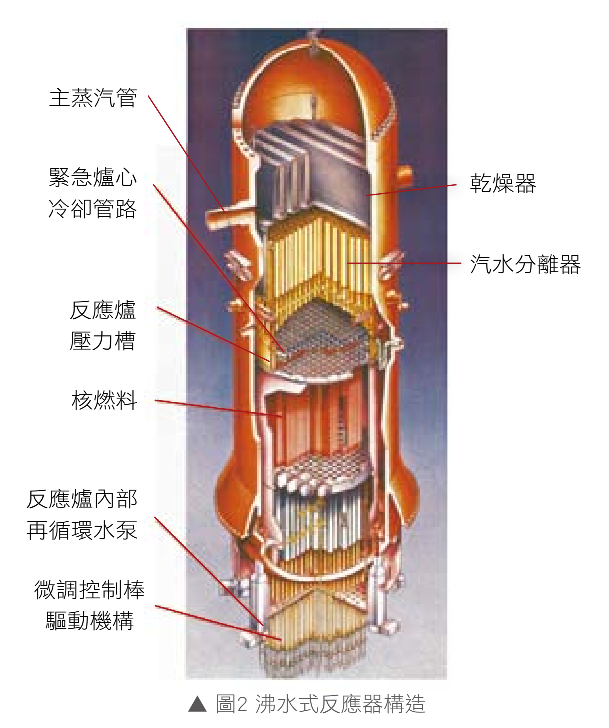
本項釋壓工作原本應將排放物質（即水蒸氣、氫氣與少量的放射性物質）經過濾後直接外釋到大氣環境，但現場工作人員很可能因企圖將欲外釋的放射性物質進一步減量，因此決定將排放物質釋入二次圍阻體（即反應器廠房）內，再透過具有另一道過濾設備的廠房煙囪外釋至大氣環境，避免放射性物質外洩。未料質量較輕的氫氣蓄積於廠房天花板後，再與大氣中的氧氣進行劇烈化學反應而爆炸，這就是福島1號機與3號機爆炸的主因。

附帶一提的是2號機的爆炸，其發生原因有可能也是氫氣爆炸，但也可能是水錘效應，確切原因尚待調查。4號機的爆炸則是用過燃料池中的燃料棒因冷卻水不足而產生高溫，並經前述相同的機制產生氫氣，且蓄積於廠房中，隨後與大氣中的氧氣作用後導致爆炸。

ECCS因交流電源喪失而無法全面運作（即第一、二道防線的三個子系統均無法運作）。

此時僅剩利用直流電（電瓶）控制且氣機帶動的「爐心隔離冷卻系統」正常運作，將爐心餘熱導入圍阻體。約8小時後，直流電耗盡，「爐心隔離冷卻系統」因而也無法運作。ECCS於此時全面喪失了所有餘熱移除功能，導致爐心溫度上升，並使爐水汽化成為水蒸氣，爐心水位因而下降，燃料棒裸露且壓力槽內部壓力上升。

裸露的燃料棒在無法冷卻的情況下，表面溫度迅速竄升，鋯合金材質的燃料棒護套隨即與壓力槽內的水蒸氣進行劇烈的氧化還原反應，產生大量氫氣。當壓力槽內的壓力因水蒸氣與氫氣的產生而持續上升至設定值




▲ 圖2 沸水式反應器構造

## 3. 已發生的幾次氫氣爆炸導致輻射外洩的原因為何？

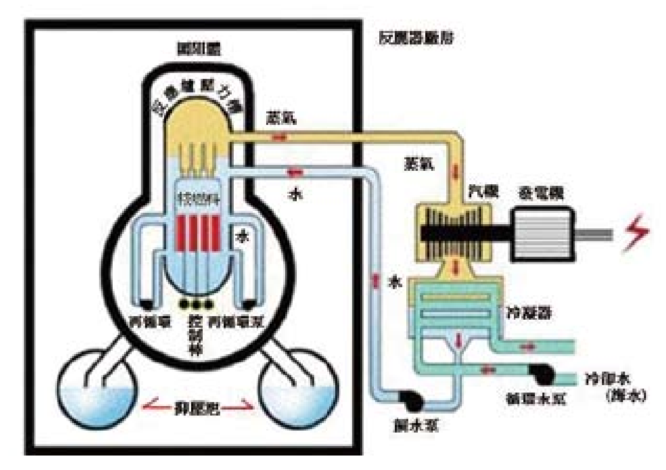
依據現有資訊評估，目前福島核電廠1號機、2號機及3號機的燃料棒可能均已出現破損現象，其內部的核分裂產物（如揮發性高的碘與惰性氣體以及化學活性高的銫）自破損的燃料棒釋出，經壓力槽進入圍阻體，再經由圍阻體排氣而少量地釋入反應器廠房中。氫氣爆炸造成廠房毀損後，這些少量的放射性物質隨即進入大氣環境。值得注意的是，由於圍阻體的功能未喪失，放射性物質並未持續而大量地外釋。

## 4. 這些外洩的放射性物質對人體健康有危害嗎？

基本上，每個核電廠對於防範放射性物質的外洩，均有3道重要的深度防禦系統，主要包括：燃料棒護套、反應器壓力槽、圍阻體等。這次福島核電廠意外事故，僅造成第一道防禦系統（燃料棒護套）局部受損，第二（反應器壓力槽）及第三道防禦系統（圍阻體）依然保持完整，所以該事故的嚴重程度，無法與前蘇聯車諾比爾的核子事故相提並論，整體外洩的輻射量也相對有限，應不致於對廠外民眾的健康造成嚴重的傷害。由於福島核電廠意外釋出的放射性物質會隨著空氣的流動在大氣中擴散，但隨著距離加長與風向變化，其濃度會逐漸稀釋至極微量，對台灣的影響將會微不足道。

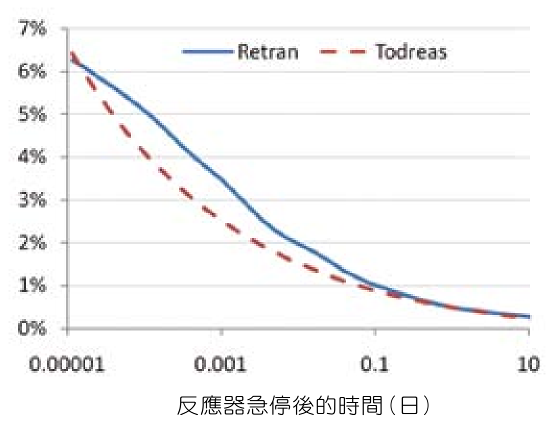
目前福島核電廠外圍地區（20至30公里範圍內）因少量放射性物質外洩造成的輻射劑量率雖然超過事故前的背景值，但仍不致對人體健康產生立即的危害。根據3月20日下午3時的量測結果，事故現場（福島核一廠西門）的輻射劑量率為每小時0.27毫西弗（mSv）。

至於這些輻射劑量率對人體是否可能造成傷害，我們將它與一些天然或醫療活動所接受的輻射劑量相比即可協助了解與判斷。依據美國能源部2005年的資料顯示，接受一次胸部x光攝影檢查，約接受0.1毫西弗




▲ 圖3 沸水式電廠流程

的劑量；一次牙科全口x光攝影檢查，約接受1.6毫西弗的劑量；一次全身電腦斷層掃瞄檢查所接收的劑量更高，約在20-30毫西弗的範圍，因此我們不必過於憂慮低劑量輻射會對人體健康造成危害。




反應器急停後的時間（日）

資料來源：http://en.wikipedia.org/wiki/Decay_heat (Theanphibian, 2011)

## 5. 核電廠停機後，爐心餘熱的產生會維持多久？是否過了此時段就不用擔心溫度再上昇？

反應器停機後，除了燃料組件本身的高溫必須加以冷卻，爐心燃料棒內的放射性物質會持續釋出輻射，而輻射為能量的一種形式（即衰變熱），必須持續不斷地將之移除。但是爐心內餘熱（燃料組件本身的高溫與放射性物質衰變熱）的強度會隨時間逐漸衰減，如上圖所示，圖中2條曲線是運用雷傳（Retran）與托瑞斯（Todreas）教授所提出的不同評估模式的結果。

核分裂反應急停瞬間，爐心餘熱的強度約為原運轉功率的6.5%，在冷卻系統正常運作的情況下，可於很短的時間內快速衰減，一天之後餘熱的強度約為原運轉功率的0.5%。因此，停機時間越久，餘熱越少，機組便可容忍較長的喪失冷卻水的時間。用過燃料棒的餘熱只會降低，並透過熱交換機制最終與外界環境達成平衡，但不會消失。

## 6. 如果冷卻系統一直無法發揮作用，是否會導致爐心熔毀？

會。如前所述，爐心燃料棒在無法冷卻的情況下，表面溫度會迅速竄升，當溫度上升同時超過燃料本身、鋯合金護套與爐心結構組件各自的熔點時，即會出現爐心熔毀現象。

## 7. 爐心熔毀會導致輻射外洩嗎？

會。核電廠最重要的安全顧慮來自會釋出輻射的放射性物質，因此安全設計上採用多重的屏障將放射性物質層層包覆，這些屏障包括燃料丸、燃料棒護套，封閉的冷卻水系統(壓力槽與管線)，以及圍阻體（一次與二次）。

當事故發生時，只要一層屏障能夠發揮功能，放射性物質即不會大量釋放到外界環境，而造成對民眾與環境的傷害。爐心熔毀後，具有放射性的核分裂產物會自破損的燃料棒釋出至壓力槽，但只要反應器壓力槽或圍阻體保持完整，雖仍有可能出現少量放射性物質外釋的狀況（如三哩島事故與此次福島事故），但可防止其大量外釋。圍阻體的設計與事故中完整性的確保，是核電營運的重大議題。

## 8. 這次日本福島核電事故可以算是嚴重事故嗎？

是。此次事故所產生的氫氣量已足以引起爆炸，推測爐心熔毀的程度應屬嚴重，此事故與1979 年的三哩島事故類似。三哩島事故中，圍阻體維持其功能，因此未造成大量放射性物質的外釋。

由於日本的電廠是輕水式反應器，與車諾比爾的石墨水冷反應器的物理性質完全不同，因此此次事故影響的程度，絕對不能與車諾比爾災變的影響程度與範圍來類比。輕水式反應器電廠爐心熔損事故的發生，並不代表會有毀滅性的災難發生。

福島核電廠所發生的事故稱為嚴重事故，已超出電廠「設計基準事故」的範疇，但絕不是超出想像的事故。在規劃電廠安全措施時，在計算核電廠風險時，以及在執行電廠人員訓練時，這類型的事故都被討論過。一般大眾或許認為核電廠未如電力公司過去宣稱一般的安全可靠，但綜觀此次嚴重天災造成的影響，受災區所有設施（包括化工廠與煉油廠）無一倖免，一個運轉超過30年的電廠，卻能屹立不搖，未造成民眾的傷亡，證明了核電廠安全設計考慮的周詳。

## 9. 台灣的核電廠會發生類似日本福島電廠的意外狀況嗎？假設我國核電廠發生類似事故，會採取哪些緊急應變程序？

此次地震造成的影響已超過該電廠的防震設計，電廠的事故是地震與海嘯同時造成。台灣3座核電廠均將海嘯列為設計基準的一部分，可以承受10米以上的海嘯。但是如果台灣核電廠附近發生超過電廠防震設計基準的地震時，類似事件發生的可能性是無法排除的！

台灣每座核電廠每年都會進行緊急事故應變演習，若確有事故發生，政府的應變措施將完全依照「全國核子事故緊急應變計畫」與電廠及原能會的程序書來進行。除此之外，中央政府每年也都會演練廠外緊急應變措施，也就是所謂的核安演習。大家在電視上看到日方所執行的應變工作，我方也都有專門的機構在負責，使用的儀器設備我方也都有配置。相信本次福島核電廠事故落幕後的完整檢討及相關經驗，將會使各國未來核安準備與緊急應變的改進上更為完善。

## 10. 台灣地狹人稠，若遭遇類似情形，是否會出現反應不及的情形？

相信政府將會謹慎研究這次福島核電廠事故落幕後的完整檢討與相關經驗，並將福島電廠事故的狀況納入未來演習的項目。在充分考量我國地理環境與核能機組性能的前提下，事先做好更完善的準備與訓練，而不致出現反應不及的情形。

## 11. 萬一發生災變如何有效撤離？

核電廠緊急應變民眾防護的重點為如何降低民眾的劑量。自電廠釋出的放射性物質會隨著氣流擴散，大氣中放射性物質的濃度會隨著與電廠的距離而降低，而下風處的濃度會高於上風處；在某一定點的濃度也會隨著時間或者電廠的狀態有所改變。根據核電廠緊急應變計畫，當輻射劑量率達到特定值時，緊急應變組織會通知民眾進行適當的防護措施。措施包括待在屋內 (掩蔽) 或到特定集結地點，進行疏散。

如前所述，人類生活的環境本來就具有輻射，近代工業設施或醫療設備也會對人體造成劑量；在一定的範圍內，接受超過背景輻射劑量的輻射，對人體的影響應非常輕微。政府在訂定執行民眾防護措施的劑量時，已經考慮疏散時間累積輻射劑量的健康效應。核電廠緊急應變的民眾撤離與水災或火災的疏散不同，水、火災的疏散成效會因時間快慢出現極大的差別，而核電廠事故的撤離，即使時間稍長，會接受較多但仍在安全範圍內的輻射劑量，因此核子事故的撤離，可以循序進行。

# 福島核電災害的教訓
## 掌握即時資訊

文・謝牧謙

3月11日日本東北海域的強震、巨大海嘯，引發福島核電事故，連日來災難報導占據了平面媒體的頭條版面，但部分報導內容，未能據實以報而以誇大的言詞危言聳聽、譁眾取寵，混淆視聽、誤導民眾，實不足取。在此事件中，民眾如何迅速獲得正確的資訊至為重要。

事實上，日本核能資訊算是比較公開透明化 (請參考「日本核能資訊透明化與公眾共識」，謝牧謙，資訊透明化與公眾溝通研討會，中華核能學會，2009年10月1日，台北)，有關這次福島核電事故的資訊在政府機構、產、學、研的網站均有專區報導，但迅速、即時、可靠的網站仍以政府或立場公正具有專業素養的社團法人為主。在此舉3例供讀者參考：

一、社團法人原子力產業協會（www.jaif.or.jp）如表1，福島核電廠現況，每天10:00、16:00、21:00 準時更新報導現場狀況，包括廠房、反應器、燃料受損情形、事故處理狀況、環境影響、避難勸告、INES尺度及特記事項等，並以紅、黃、綠、白區分其嚴

▼ 表1 福島電廠現況一覽表

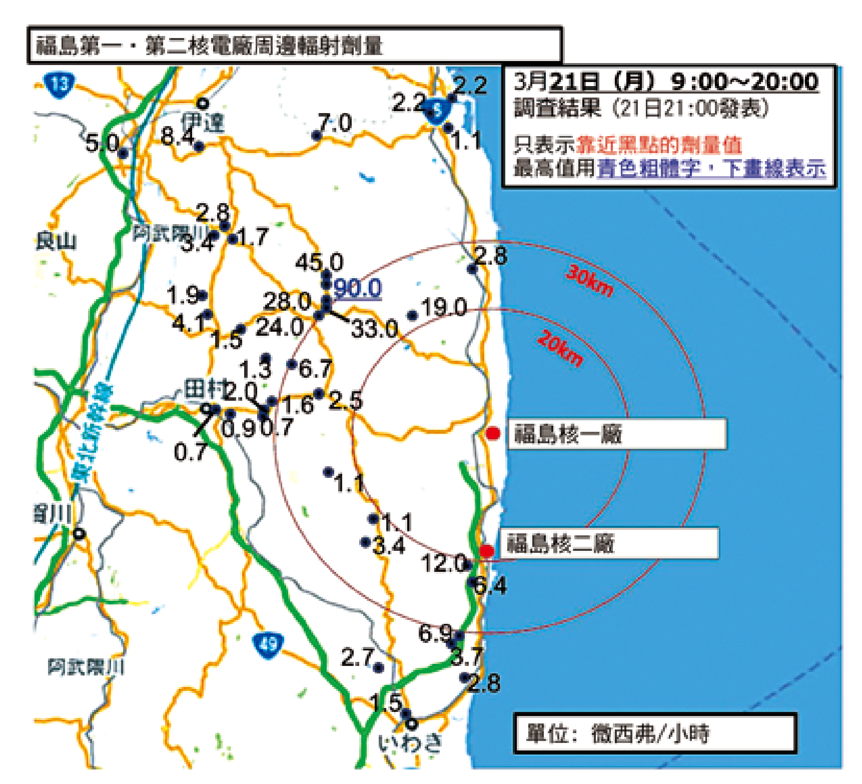
Status of nuclear power plants in Fukushima as of 16:00 March 24 (Estimated by JAIF)

| Power Station | Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unit | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Electric / Thermal Power output (MW) | 460 / 1380 | 784 / 2381 | 784 / 2381 | 784 / 2381 | 784 / 2381 | 1100 / 3293 |
| Type of Reactor | BWR-3 | BWR-4 | BWR-4 | BWR-4 | BWR-4 | BWR-5 |
| Operation Status at the earthquake occurred | In Service -> Shutdown | In Service -> Shutdown | In Service -> Shutdown | Outage | Outage | Outage |
| Core and Fuel Integrity (Loaded fuel assemblies) | Damaged (400) | Damaged (548) | Damaged (548) | No fuel rods | Not Damaged (548) | Not Damaged (764) |
| Reactor Pressure Vessel Integrity | Unknown | Unknown | Unknown | Not Damaged | Not Damaged | Not Damaged |
| Containment Vessel Integrity | Not Damaged | Damage Suspected | Not damaged | Not Damaged | Not Damaged | Not Damaged |
| Core cooling requiring AC power 1 (Large volumetric freshwater injection) | Not Functional | Not Functional | Not Functional | Not necessary | Functional | Functional |
| Core cooling requiring AC power 2 (Cooling through Heat Exchangers) | Not Functional | Not Functional | Not Functional | Not necessary | Functioning (in cold shutdown) | Functioning (in cold shutdown) |
| Building Integrity | Severely Damaged (Hydrogen Explosion) | Slightly Damaged | Severely Damaged (Hydrogen Explosion) | Severely Damaged (Hydrogen Explosion) | Open a vent hole on the rooftop for avoiding hydrogen explosion | |
| Water Level of the Rector Pressure Vessel | Fuel exposed partially or fully | Fuel exposed partially or fully | Fuel exposed partially or fully | Safe | Safe | Safe |
| Pressure / Temperature of the Reactor Pressure Vessel | Increased / Decreased | Unknown | Unknown | Safe | Safe | Safe |
| Containment Vessel Pressure | Increased | Stable | Decreasing after increase in Mar., 20th | Safe | Safe | Safe |
| Water injection to core (Accident Management) | Continuing (Seawater) | Continuing(Seawater) | Continuing(Seawater) | Not necessary | Not necessary | Not necessary |
| Water injection to Containment Vessel (AM) | (confirming) | to be decided(Seawater) | (confirming) | Not necessary | Not necessary | Not necessary |
| Containment Venting (AM) | Temporally stopped | Temporally stopped | Temporally stopped | Not necessary | Not necessary | Not necessary |
| Fuel Integrity in the spent fuel pool (Stored spent fuel assemblies) | Unknown (292) | Unknown (587) | Possibly damaged (514) | Possibly damaged (1331) | Not Damaged (946) | Not Damaged (876) |
| Cooling of the spent fuel pool | Water injection to be considered | Seawater Injection conducted in Mar. 20th | Water level low. Seawater spray continue and certain effect was confirmed | Water level low. Seawater spray continue Hydrogen from the pool exploded | Pool cooling capability was recovered | Pool cooling capability was recovered |
| Main Control Room Habitability & Operability | Poor due to loss of AC power (Lighting has been recovered.) | | Poor due to loss of AC power (Lighting has been recovered.) | | Not damaged (estimate) | |
| Environmental effect | The Main Gate: 209.4 μSv/h at 12:00, Mar. 24<br>Radioactive nuclides exceeding the legal standard were detected in milk produced in Fukushima and Ibaraki prefectures and spinach and some other vegetables produced in Fukushima, Ibaraki and other prefectures. Also, radioactive Iodine exceeding the standard set by Nuclear Safety Commission was detected in tap water in Fukushima prefecture. Radioactive Iodine exceeding the legal standard for baby was detected in tap water in Tokyo, Ibaraki, Chiba, and Saitama prefectures. The level of the radioactivity detected is low enough not to do harm to the health of people who take those products or water for a limited time.<br>Monitoring results of seawater sampled at coasts in the surrounding area of the station within about 16km from the Fukushima Dai-ichi NPS in Mar. 22nd showed that radioactive Iodine, I-131, exceeding the regulatory limit and Cesium, Cs-134, 137, less than the regulatory limit were detected. | | | | | |
| Evacuation | 20km from NPS * People who live between 20km to 30km from the Fukushima Dai-ichi NPS are to stay indoors. | | | | | |
| INES (estimated by NISA) | Level 5 | Level 5 | Level 5 | Level 3 | — | — |
| Remarks | Immediate threat is damage of the fuels in the fuel pool outside the containment vessel. The operation for spraying water to the pool is continuing at Unit 3 and 4.<br>Something like steam was seen rising from the reactor building of Unit 1through 4 (as of 7:00, Mar. 24). High-dose rate was measured in Unit 2 turbine building.<br>Work to recover AC power for Unit 1through 6 is in progress. External AC power has reached to Unit 2, 4, 5 and 6 and is now available in all the units. Integrity check of electric equipment is going on in each unit, which must be done before energizing them. Lighting has been recovered at Unit 1 and 3 Main Control Room. External AC power has replaced with the emergency diesel generator in Unit 5 and 6. | | | | | |

[Source]
Government Nuclear Emergency Response Headquarters: News Release (-3/24 11:00), Press conference
NISA: News Release (-3/24 08:00), Press conference
TEPCO: Press Release (-3/24 12:00), Press Conference

[Abbreviations]
INES: International Nuclear Event Scale
NISA: Nuclear and Industrial Safety Agency
TEPCO: Tokyo Electric Power Company, Inc.

[Significance judged by JAIF]
Low
High
Severe (Need immediate action)




▲ 圖1 福島電廠周邊環境的輻射劑量調查結果
（來源: 文部科學省網站 www.mext.go.jp，點「福島縣」）

重程度，讓人很容易對每一項目的嚴重性，一目瞭然。很巧的是，跟最近行政院吳敦義院長對原能會的指示不謀而合，只是日本早已實施。

目前1、2、3號機組圍阻體已灌入海水降溫，暫時獲得舒緩，1、2、3、4號4座機組的燃料損傷程度不明，3號機組使用含鈽混合燃料。4號機組因大修中，所有燃料均在燃料池中，水池曾發生氫氣爆炸，但氫氣來源仍不明。美方認定4號燃料池龜裂大部分水漏光，燃料有裸露，事態嚴重；日方則確認池內仍有水，雙方認定不同(引起日、美決定「疏散」距離的差異)。依核電事故國際評量尺度1、2、3號機為5級，4號機為3級，但是美、法則評定1、2、3號機為6級。

二、文部科學省（www.mext.go.jp）網站內有eq.yahoo.co.jp（有中文版）、eq.sakura.ne.jp、eq.wide.ad.jp均可獲得全國各地區的輻射劑量調查結果（單位：微西弗/小時，最高值以青色粗體字顯示），及各地受災狀況，首相官邸的網站（www.kantei.go.jp)亦然。枝野官房長官(相當於行政院秘書長)每次上NHK電視報告災情的資訊均可獲得。圖1為福島第一、第二核電廠周邊的輻射劑量調查結果，上述兩網站均可查到。

日本原子力防災指南有規定，距離核電廠8-10公里範圍指定為防災對策重點，可能接受10-50 毫西弗劑量要「室內避難」，50毫西弗以上則要「疏散」。即依據防災指南訂出20公里內「疏散」，20-30公里「室內避難」的決定，原子力安全保安院(NISA)也表示20公里或30公里並無顯示明確依據，而是綜合考量下的政治判斷。美國則是核能管制委員會（NRC）依據當地民眾輻射劑量不超過10毫西弗的原則下，電腦推估需要避難的範圍而決定80公里半徑的「疏散」結果。此為日、美差異所在。

三、厚生勞動省（www.mhlw.go.jp）有關因核電事故而影響農畜產品與食品的規範情形，均有詳細的報導。最近有東海村自來水超標(188.7Bq/kg，3月23日)，呼籲民眾

▼ 表2 食品攝取管制指標

| 核種 | 核能設施等有關防災對策指南<br>攝取管制的指標值(Bq/kg) | |
|---|---|---|
| 放射性碘<br>(混合核種的代表核種：碘131) | 飲用水 | 300 |
| | 牛奶、乳製品 (註) | |
| | 蔬菜類 (根莖類、芋頭) | 2,000 |
| 放射性銫 | 飲用水 | 200 |
| | 牛奶、乳製品 | |
| | 蔬菜類 | 500 |
| | 穀類 | |
| | 肉、蛋、魚、其他 | |
| 超鈾元素 | 嬰兒用食品 | 20 |
| | 飲用水 | |
| | 牛奶、乳製品 | |
| | 蔬菜類 | 100 |
| | 穀類 | |
| | 肉、蛋、魚、其他 | |
| 鈽及超鈾元素的α核種<br>(鈽238，鈽239，鈽240，鈽242，鋂241，鋦242，鋦243，鋦244放射能濃度的合計) | 嬰兒用食品 | 1 |
| | 飲用水 | |
| | 牛奶、乳製品 | |
| | 蔬菜類 | 10 |
| | 穀類 | |
| | 肉、蛋、魚、其他 | |

註：超過100Bq/kg的食品不能作為嬰兒用調製奶粉或直接飲用 （來源：日本厚生勞動省網站 www.mhlw.go.jp）

不要用作嬰兒調製奶粉或直接飲用。表2為厚生勞動省醫藥食品局食品安全部回應「福島核災」，而於3月17日公布的食品攝取限制安全指標，本規定是依據原子能安全委員會的指標值做為暫定管制值。

我國原子能委員會針對此次福島核災在其網站（www.aec.gov.tw）亦設有專區，供民眾閱覽。

福島核子事故目前暫告一段落，事故現場雖仍不時冒煙，但事態已暫獲紓解。但是今後的善後處理及輻射的擴散，水質、農產品的污染，將陸續呈現，影響國民健康、社會安寧至鉅。我們仍需繼續追蹤，防範於未然始為上策，他山之石，供我借鏡。

（本文作者自核能研究所退休，現任教於輔仁大學翻譯研究所）

# 核安演習的理論與實務
## IAEA的觀點

文・劉東山

生活中難免發生一些天災人禍，而造成生命財產的損失。由於慘痛經驗與知識的累積，人類早已曉得要事先採取防範及研擬應變措施，才能降低災害帶來的損失。各國政府遂有緊急整備方案的草擬與公告，建置各式各樣的軟硬體措施，規劃進行訓練，並定期或不定期舉辦演練（Drill）與演習（Exercise），希望藉以強化社會對緊急狀況的應變能力。

本文希望針對：緊急整備方案的要素及績效評估、演習目的、演習種類與辦理時機、尤其是演習的籌辦—主要以國際原子能總署（IAEA）的報告為基礎—加以介紹，希望國人對緊急應變演習的理論與實務能有更正確的認知。

### 緊急整備方案的要素及績效評估

#### 一、緊急整備方案的構成要素

為達成有效的緊急應變目標，必須先建立一套周全的緊急整備方案，而這套方案至少要包括以下7個要素：清楚定義的公權力；完善的組織分工；緊急應變計畫及詳細的作業程序書；有力的後勤支援及充足的硬體設備；順暢的協調機制；有系統的訓練、演練、演習規劃；品保計畫。

#### 二、緊急整備方案的績效評估

緊急整備方案是否周全有效，可以下列3種方式來評估：

★ 真正事故：這種方式自然最慘痛但卻也最實在，因為所有缺點或不足之處將全都露。在救災過程中，應做好應變記錄，以做為事後檢討與改進的重要參考或依據。

★ 進行測試：較適合針對個人或單一組織來進行，例如運轉人員測試、通訊測試、警報測試等。

★ 辦理演習：演習畢竟不是真正事故，但透過適當規劃、設計與安排，可相當程度模擬事故情境，藉以檢驗應變作為，尤其辦理大規模全方位演習，定能獲得更多寶貴的經驗回饋。演習應儘量追求真，而非美！

#### 三、演習的目的

演習的目的不外乎在於：

★ 訓練各級（國家、地方政府）及各類緊急人員（警、消、衛生醫療等等）的應變能力

★ 教育民眾、媒體、幹部（包括指揮官），使其熟悉應變知識、機制、權責等

★ 評估整備方案的完整性、應變能量或新的應變救災觀念

★ 提供各級決策人員學習在壓力下做應變指揮的機會

而演習的終極目的，自然是希望因事先發現問題，減少真正發生事故時造成民眾生命財產的損失。

## 四、演習的種類與辦理時機

### （一）演習的種類

演習的分類有各家說法，但不外乎下述兩大類：

**1. 議題導向的演習**

此類演習大致上可再細分成下列3種：

★ 研討會：基本上當情境、狀況、後果尚未精確掌握時適合辦理研討會式的演習，因為可以鼓勵參加者深入且廣泛的討論。通常在形成新觀念或緊急應變計畫有大改變前辦理之。

★ 沙盤或兵棋推演：這種演習因不必實際投入大量資源、可模擬極端情境、情境演變可慢慢來、過程中鼓勵暫停來討論，因此鑾受喜愛。也常用來測試計畫或程序，主要是針對決策人員而設計。

★ 電腦競賽：這種演習可以做到看起來非常逼真，但前提是須建立夠大的資料庫及擁有強大電腦支援系統才有意義，美軍大概是使用電腦競賽做演習的佼佼者。

**2. 作業導向的演習**

此類演習大致上可再細分成下列3種：

★ 操練：旨在學習或測試部分計畫或程序，通常之前會先辦理訓練課程。常見的操練如機制啟動、醫療、消防、除污、通聯、通報、劑量評估等等。

★ 功能性或部分演習：針對某項功能或部分項目所進行的演習，通常以年度為基礎安排。

★ 全面性演習：全面性的演習應至少每5年辦理1次，以利全方位測試應變與整備績效。

### （二）辦理時機

演習的辦理時機除上述年度或數年1次的全面性規劃外，可再參考下列原則修正之：

★ 緊急整備方案有重大修正時

★ 主要應變人員改變時－常見的是因選舉產生新的指揮官如縣市首長，或新任命部長或重要職務時

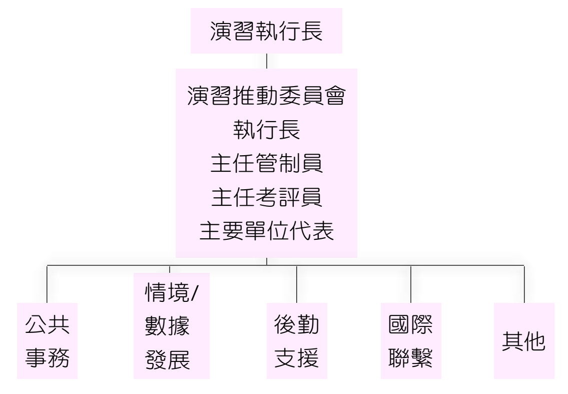
★ 先前演習的回饋

## 五、演習的籌辦

籌辦較大規模的演習，可分成10步驟：

### （一）成立「推動委員會」

一旦決定要辦理演習，首先應指派一位執行長，執行長再籌組推動委員會。一般而言，推動委員會由執行長、主任管制員、主任




▲ 圖1 演習推動委員會組織架構圖

考評員、主要單位代表組成，並由執行長擔任召集人。必要時也可指派副執行長，協助推動辦理演習。演習推動委員會應包括下列單位辦事，其組織架構如圖1所示。在軍事演習及核安演習中也許有必要做國際連繫，其他類演習可能就沒有需要。

演習推動委員會的職責，詳述如下：推動與督導演習籌劃、擬定演習規範、擬定考評準則、擬定管制員及考評員指引、擬定參演者指引、指派各功能組負責人、擬定國際參與程度、擬定媒體策略、擬定外界觀摩策略。

## （二）擬定演習規範

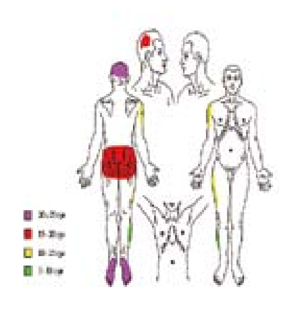
演習規範包括：演習目標、演習範圍及演習限制。

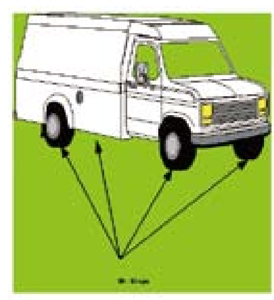
1. 演習目標：演習目標應依應變目標來設定，目標應儘量具體，限制條件要明確，切勿太貪心；單一演習設定（測試）太多目標，反而易失焦，同時應合理設定達成目標的考評準則。

2. 演習範圍：那些單位要參與演習？何時演？演多久？演多深入？應在一開始籌劃演習時即擬定。

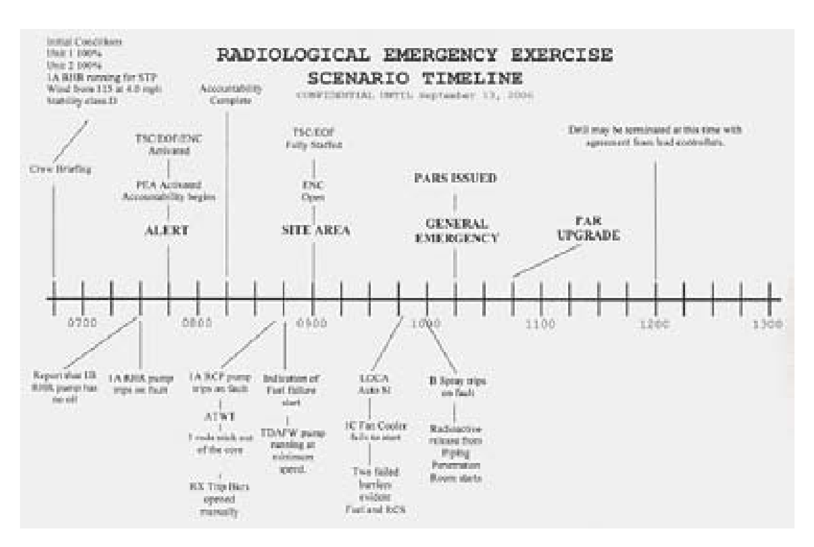
3. 演習限制：演習畢竟是需要花錢及人力的，因此財務面或資源面的考量應及早敲定；另外，時程面如遇重要節慶前後、大型活動前、重要選舉前後等都不宜辦演習。

一旦演習規範確定後，即應通知演習相關機關或單位，以便各單位列入年度工作計畫。





▲ 圖2 某演習針對輻射汙染數據的傳遞單





▲ 圖3 美國某核電廠演習所設計的情境時序圖

## （三）指派情境撰擬小組

演習規範確定後，執行長即可指定情境撰擬小組。小組宜由有經驗且具足夠專業知識的人員組成，研擬演習情境及注入有關的情節及數據，以啟動或導引演習的進行。情節及數據，可以於現場或透過電話或傳真來傳遞，務必要把握明確清晰的原則，以免造成誤解。

情境須依演習目標來設想，提出一套完整情節（故事）。故事應可信，宜流暢及能自動開展，並應避免事件彼此衝突的狀況發生，更不可存心整人。總之，情境發展過程中，應時時注意「務實與專業」的指導原則。情境內容應包括：起始狀態（設施設備、運轉、周遭環境、天候…）；主要事件及關鍵時間線；技術細節；事件時序；主要事件清單。

### （四）驗證情境

情境設計攸關演習成敗甚鉅，除應確認符合擬定的演習目標外，盡可能應與各領域專家進一步洽商，確認情境的務實性、合理性與專業性。

### （五）設計及執行有關的訓練或操演

此處所指的訓練或操演，目的不在確保每一單位或個人能做好演習項目，而是在協調各項演練的時程、場地使用等，期使能順利銜接。通常大型演習才須要辦理這一類的訓練或操演。

### （六）指定演習管考團隊

管考團隊包括管制員及考評員，是演習的骨幹，其職責分述如下：

**1. 管制員的職責**

★ 主任管制員：全盤協調演習注入、解決與事件及時程有關議題、監督安全問題、必要時下令停止演習。特別要注意的是，演習進行中應與執行長保持密切連繫。

★ 管制員：維持演習情境正常發展、下達指令（注入）、啟動演練（但盡量不干預演習進行）、監督安全問題、必要時下令停止演習（同時通知受影響的管制員）。演習進行中應與主任管制員保持密切連繫。原則上，每1演練單位至少配置1名管制員。

**2.考評員的職責**

★ 主任考評員：全盤協調考評作業，確保考評的一致性；向考評員解說並指揮其作業；編定考評報告格式及提交時間；提交考評綜合報告。

★ 考評員：演習進行中關注演習，並勤做筆記及蒐集相關資料；演習過後根據事實， 填寫考評檢查表；最後依所定格式，提交分項考評報告。再次強調，演習過程中盡量不要與參演者互動！

### （七）演習安排

★ 安排演習過程所需的事項：場地（含簡報室）、後勤（特別服裝、安全設備、識別證）、 膳宿、通訊、交通、狀況模擬室（必要時）、其他。

### （八）完成演習手冊

情境撰擬小組也應擬定演習手冊，完整演習手冊包括下列事項：演習規範、演習情境（不可提供予參演者！）、注入及數據（不可提供予參演者！）、管制員及考評員指引、參演者指引、媒體管理策略

其中管制員及考評員部分，可提供完整版的演習手冊（最好將手冊編號，並要求限閱）；至於演習情境（含注入及數據），則不可提供予參演者！**注意，演習情境的限閱管制程度越高，演習的價值也越高。**

**1. 管制員指引**

本指引應包括：

★ 時程及協調：演習前會議及訓練的時間與地點、設施走訪的時間、執行管制的時間地點、演習後會議的時間地點等

★ 後勤支援：食衣住行及個別需求事項

★ 通聯資料：名單、電話號碼及設備

★ 其他管制執行細節

**2. 考評員指引**

本指引應包括：

★ 時程及協調：演習前會議及訓練的時間與地點；設施走訪的時間；執行考評的時間與地點；回饋會議（最好演習後立即召開，邀參演者簡報）；演習後會議的時間與地點

★ 後勤支援：食衣住行及個別需求事項

★ 通聯：名單、電話號碼及設備

★ 其他考評執行細節

**3. 參演者指引**

本指引應包括：一般性聲明、依據法令規章、演習目標及演習範圍、參演單位、演習規則、演習通聯、狀況模擬室、演習安全注意事項、媒體管理策略（模擬記者 V.S. 真正記者）、演習回饋。

### （九）發布演習手冊

考評員及管制員部分應於演習前1週，發給完整版演習手冊；參演者部分則於演習前1個月發出。

### （十）辦理管制員及考評員訓練

前面已提到，管制員及考評員所組成的管考團隊是演習的骨幹，因此在正式演習前的1週內，要辦理管制員及考評員訓練，以確認他們：

★ 已完全瞭解此次演習目標、情境、時程地點、指引等

★ 瞭解演習委員會對他們的期望

★ 瞭解如何執行工作

演習籌備的參考流程詳圖4所示，一般約需在規劃演習日至少半年前即應展開。幅員遼闊或參與單位更多的演習，所需協調的時間越長，有時甚至須長達一年的籌備期。

## 六、考評意見的追蹤

演習很重要的功能在挖掘問題，考評過程所發現的缺失或不足之處，應採取改善行動，其追蹤時程建議如表1所示。

▼ 表1 考評意見的改善行動建議

| 缺失或不足的屬性 | 改善行動 |
|---|---|
| 關鍵性 | 1個月內提出解決方案<br>3個月內完成改正行動 |
| 重要的 | 1個月內提出解決方案<br>6個月內完成改正行動 |
| 次要的 | 3個月內提出解決方案<br>1年內或下次修正EPP時完成改正行動 |

## 七、檢討與建議

筆者有幸參與緊急應變及核安演習工作近10年，台灣這方面無疑地已累積相當多寶貴的經驗，但從國際的角度看，似乎還有一些盲點有待釐清，這不僅是核能界的問題，恐怕也是軍方、警消各界的共通問題，特檢討如下：

Task Name | Month -1 | Month 1 | Month 2 | Month 3 | Month 4 | Month 5 | Month 6 | Month 7

1. Management committee
2. Exercise specifications
2A. Start the exercise manua
3. Scenario design
4. Validate the scenario
5. Training and drills
6. Select exercise team
7. Arrangements for exercise
8. Finish manual
9. Distribute manual
10. Train controllers and eva

▲ 圖4 演習籌備參考流程

### （一）「演習 V.S 表演」應釐清

國人常將訓練、演習與示範表演混為一談。演習當然也是廣義的一種訓練，但演習還帶有強烈的測試意義，故演習原則上不該預演，因為演習旨在挖掘問題，不是追求完美的表演。但很遺憾地，主辦單








▲ 左圖: 民眾偵檢; 右上: 政府各部門核災應變聯合演練; 右下: 輻射監測中心-兵棋推演

位或因擔心媒體的負面報導(缺失),或擔心上級長官因不了解演習的真諦而給予責難,往往安排預演再預演,此作為已大大降低演習的價值。外界迭有政府辦的演習根本就是在演戲的批評,即起因於此。示範表演的主要目的在展示防救災能量(儀器、裝備與人員訓練成果等),當然可以集中辦理,並得先做預演,以追求完美演出。

### (二)觀摩策略「看熱鬧 V.S. 看門道」

「演習視同作戰」是大家朗朗上口的一句話,對軍事演習確實是如此,因為有高度的危險性;軍事以外的演習危險性雖然較低,但還是有相當的嚴肅性。演習為求真實及順利進行,如緊急醫療演練有時空限制,實不宜邀請太多民眾或媒體來觀摩(看熱鬧),相反的應邀請真正專家來發現問題(看門道);反之,示範表演就可以多邀請民眾參與,甚至以嘉年華的方式(園遊會)來同樂,兼具民眾宣導溝通的目的。

### (三)考評員的組成及角色應有正確認知

考評員屬演習推動委員會(團隊)的一份子,依推動團隊所定的準則來執行分項考評工作,並不是來考評演習籌辦的成敗,考評發現的缺失或建議應做為應變單位的改善參考。

### (四)媒體及長官對演習的理論與實務應有正確認知

台灣媒體記者普遍年輕,流動又快,對演習的理論與實務似欠缺正確的認知。聳動報導演習缺失的結果,會使演習推動人員投鼠忌器,以致扭曲演習的真正意義(如一再安排預演)。從事緊急應變的前輩們,應伺機多教育媒體及長官,以便獲得他們的理解與支持,以利工作推動。

(本文作者為原子能委員會核能技術處簡任技正)

參考資料:

1. International Atomic Energy Agency (IAEA). Preparation, Conduct and Evaluation of Exercises to Test Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency. IAEA-EPR Exercise 2005, Vienna, 2006.
2. IAEA. Method for Developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological Emergency Updating. IAEA-EPR Method 2003, Vienna, 2003.
3. 劉東山、羅志敏,赴美國觀摩Farley核能電廠核子事故緊急應變演習出國報告,95年9月10- 20, 行政院原子能委員會,新北市,2006。

# 不需要聞「輻」色變
## 生活環境中的天然輻射

文・朱鐵吉

近日發生的福島核子事故，媒體大幅報導電廠周圍輻射劑量數值飆高，使得一般民眾人心惶惶。其實，自古以來，在我們日常生活環境中就存在許多天然輻射，人類自一出生即與輻射共存而不自知，往後這一生也將曝露於這種輻射中。只要是在容許的劑量範圍內，都對人體健康無害。

天然輻射有兩個來源：一是宇宙射線，一是天然存在的放射性物質。宇宙射線主要是屬於體外曝露，天然的放射性核種對人體則產生體內與體外曝露。

### 宇宙射線

宇宙射線的來源可分為銀河宇宙射線與太陽宇宙射線兩種。由於兩者均為宇宙射線最初的來源，又稱為一次宇宙射線。大氣層內的宇宙射線，強度會隨著緯度的不同而有所不同。一次宇宙射線的強度，會隨海拔降低而漸低，至海拔20公里高度時已消失殆盡，因此在這海拔以下，宇宙射線幾乎是屬於二次宇宙射線。

一次宇宙射線進入大氣層後與大氣層中的原子、分子碰撞，與其原子核作用，產生二次宇宙射線。

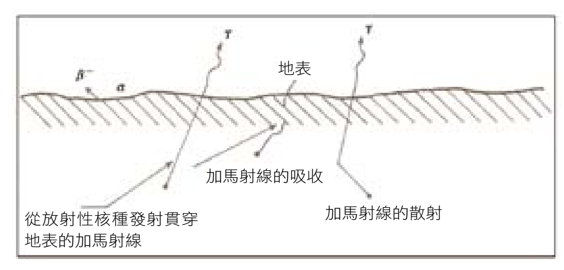
人類大部分居住在海拔5,000公尺以下，因為宇宙輻射劑量率隨海拔增加，所以在海拔2,000公尺以上人類所接受劑量率的主要來源是宇宙射線。

在台灣，依原子能委員會輻射偵測中心所測量的結果，在地表上的宇宙射線約為3.0微侖琴/小時。

### 地表輻射

來自地球本身所含有的天然放射性核種，是造成背景輻射的重要來源之一；其中最主要的核種，是地球生成時即存在的長半衰期核種，如鉀40、銣87 、鈾238及釷232。

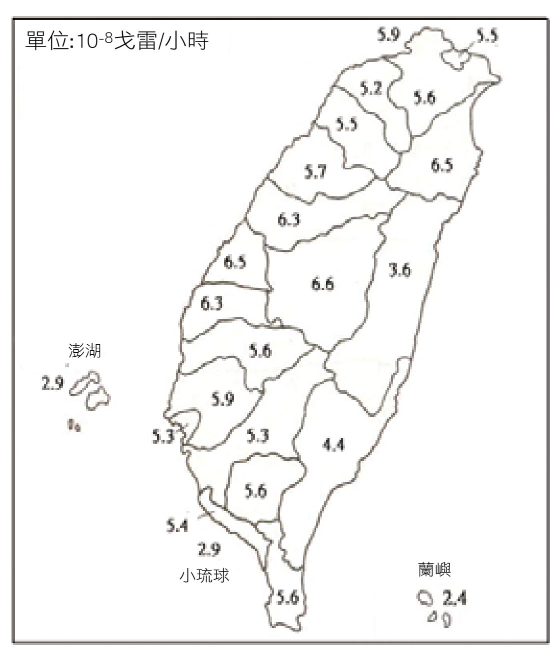
天然存在的放射性核種普遍分布於地殼之內，使人類所接受的加馬射線劑量不




▲ 圖1 台灣地區天然背景輻射

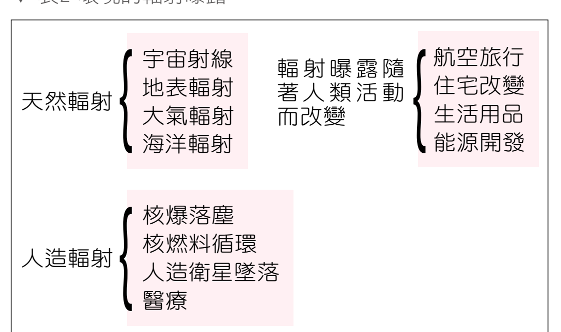
▼ 表1 台灣地區與美國岩石中放射性核種濃度的比較（*括弧內數字為美國調查結果）

| 岩石種類($SiO_2$量%) | $^{238}$U(ppm) | $^{232}$TH(ppm) | $^{40}$K(%) |
| --- | --- | --- | --- |
| 花崗岩(70.18)* | 5 | 18 | 3.8 |
| 頁岩(58.10)* | 2.51(3.7)* | 12.4(12)* | 2.70(1.7)* |
| 石灰岩(5.19)* | 1.36(1.3)* | 1.26(1.1)* | 0.26(0.2)* |
| 砂岩(78.37)* | 1.53(0.45)* | 7.48(1.7)* | 1.75(0.6)* |
| 玄武岩(49.06)* | 1.27(0.5)* | 4.86(2)* | 1.35(0.5)* |
| 橄欖岩(44.262)* | 0.07(0.006)* | 0.15(0.022)* | 0.05(0.001)* |




▲ 圖2 台灣地區的地表加馬輻射偵測點及各縣市加馬輻射暴露率

▼ 表2 環境的輻射曝露




一。其劑量率大小隨場所、地質而異，在湖上或海上的劑量率較低，而花崗岩地質區則較高。如往小琉球的海上及曾文水庫的湖面上度量的結果為0.55與0.46微侖琴/小時，在北投地熱谷地區則為20.5微侖琴/小時。

測量台灣地區地表加馬輻射劑量率，其各縣市為單位的平均值如圖2所示，台灣地區平均值為6.3微侖琴/小時。

## 天然放射性核種

一般來說花崗岩中的天然放射性核種含量比玄武岩較高。石灰岩和砂岩的放射性含量甚低，但某些頁岩則較高，尤以內含有機物者為然。地殼中平均約含有鈾2.8ppm、釷11ppm及鉀3 ppm。

各種水所含的天然放射性核種差別極大，大部分視來源而定。據知土壤中含鈾及釷濃度高的地區內，某些天然泉水裡，鈾、釷兩系的放射性核種的濃度亦高。

同樣情形飲用水亦視其來源及在實際消費以前所經的處理，而呈現差別甚大的放射性。例如一般情形每人每日平均攝取0.037至0.074貝克的鐳226。但在美國中西部有些地區，由於飲水是從深深貫穿砂岩層裡的井水獲得，因此，所含的鐳226濃度高達每公升

▼ 表3 人造輻射源造成的體外輻射曝露

| 類　　別 | 分　布 |
|---|---|
| 核爆落塵 | 全球 |
| 核燃料循環 | 全球、局部地區 |
| 人造衛星墜落、大氣中焚毀 | 全球、局部地區 |
| 醫療 | 局部場所 |

1.37貝克。海水中的放射性濃度含量較為平均，每公升含鈾238為0.0074-0.333貝克；釷232每公升0.0037-0.0407貝克；鐳226每公升0.00074-0.0111貝克；鉀40每公升11.1貝克。

土壤中所含的鈾及釷放射性核種，其氣體狀態的蛻變產物--氡222及氡220，經擴散作用而射入大氣。其濃度隨海拔而變化，例如海拔10公尺處，氡222的濃度平均值是地面上濃度的90%。至於氡220因其半衰期很短，到了10至20尺的海拔，實際已消失。而碳14是由於大氣中的氮核吸收中子產生核反應而來的。

放射性核種經由食物、水及呼吸進入人體，一般來說人體含的天然放射核種濃度很低。對體內影響最大者是鉀40，據估計每人每天從食物攝入1-2.5克的鉀，即每天吃進約74貝克的鉀40。

## 輻射曝露的種類

人類在各種環境中，輻射及放射性物質產生的輻射環境，大致可區分為人造與天然兩種，如表2與表3所示。

### 1. 天然游離輻射體外曝露

天然體外輻射曝露大部分來自宇宙射線與地表輻射，台灣地區以縣市為單位作區分的劑量值，如表4所示。由結果顯示，中、北部較東、南部高，離島地區較低。

▼ 表4 台灣地區民眾接受地表輻射年有效劑量

| 縣　市 | 偵測點數 | 曝露率（微侖琴／小時） | 年有效劑量（毫西弗／年） |
|---|---|---|---|
| 基隆市 | 7 | 6.5 | 0.35 |
| 台北市 | 6 | 6.8 | 0.36 |
| 台北縣 | 15 | 6.4 | 0.34 |
| 宜蘭縣 | 8 | 7.5 | 0.40 |
| 桃園縣 | 7 | 6.3 | 0.34 |
| 新竹縣 | 7 | 6.0 | 0.32 |
| 苗栗縣 | 7 | 6.6 | 0.35 |
| 台中市 | 4 | 6.8 | 0.36 |
| 台中縣 | 10 | 7.3 | 0.39 |
| 南投縣 | 10 | 7.6 | 0.41 |
| 彰化縣 | 10 | 7.5 | 0.40 |
| 雲林縣 | 10 | 7.3 | 0.39 |
| 嘉義縣 | 7 | 6.4 | 0.34 |
| 台南市縣 | 7 | 5.8 | 0.31 |
| 高雄市 | 5 | 6.2 | 0.33 |
| 高雄縣 | 10 | 6.1 | 0.33 |
| 屏東縣 | 10 | 6.4 | 0.34 |
| 台東縣 | 8 | 5.1 | 0.27 |
| 花蓮縣 | 6 | 4.2 | 0.23 |
| 澎湖縣 | 6 | 3.3 | 0.18 |
| 合　計 | 153 | | |
| 平均 | | 6.3 | 0.34 |

### 2.氡

氡的劑量是所有人類所受天然輻射劑量中最大者，聯合國原子輻射效應科學委員會在1988年報告中有詳細的評估，人類平均每人年接受的各種游離輻射中，其中接受天然游離輻射的有效劑量約為2.4毫西弗，氡及其衰變產物的劑量占54%，是所有輻射源中比例最高者。

據輻射偵測中心1987至1988年調查，空氣中氡的含量平均值室外為0.8貝克/立方公尺，室內為17貝克/立方公尺。由此評估台灣




▼ 表5 天然曝露對成年人的年有效劑量

| 曝　露　源 | 年有效劑量（毫西弗） | |
|---|---|---|
| | 一般典型值 | 高值＊ |
| 宇宙射線 | 0.39 | 2.0 |
| 陸地加馬射線 | 0.46 | 4.3 |
| 體內的放射性核種（不包含氡） | 0.23 | 0.6 |
| 氡及其衰變產物 | 1.3 | 10 |
| 總計 | 2.4 | - |

（*高值代表一些大區域的高背景輻射值）

地區室外氡所造成的體內輻射年劑量為0.08毫西弗，室內為0.59毫西弗，總計台灣地區氡造成的輻射年劑量為0.83毫西弗。

**3.其他天然放射性核種**

鉀40是食物中主要天然放射性核種，雖然含量很低，仍是體內輻射曝露主要來源之一，其造成體內外劑量約為0.33毫西弗。其它如宇宙射線生成核種造成的體內輻射年劑量為0.015毫西弗，鈾238-鐳226，及釷232-鐳224等核種造成的體內輻射年劑量為0.035毫西弗。

## 結論

根據輻射偵測中心歷年調查，台灣地區環境中各天然背景輻射的結果，及參考國內、外文獻，評估台灣地區民眾接受天然輻射年有效等效劑量約為2毫西弗，其中體外輻射劑量為0.82毫西弗，體內輻射年劑量為1.16毫西弗。

全世界平均的天然輻射源所造成的年有效劑量估計是2.4毫西弗，高曝露地區（海拔較高的位置）大約是平均值的5倍。陸地加馬射線劑量率與當地地質情況有關，高水準地區的典型值約為平均值的10倍。幾個生活在某些類型礦砂附近的城鎮居民，所受的曝露可能比平均值高過100倍。

氡的衰變產物造成的劑量則取決於當地的地質情況、房屋結構和使用情況等，某些區域的劑量約為平均值的10倍。局部的地質結構和某些房屋的類型與通風狀況，綜合在一起有可能使氡子核的劑量率比平均值高幾百倍。

表5表示主要的天然曝露源對成年人的年有效劑量造成的平均年有效劑量的典型值。

本文所述都是長久以來存在我們生活環境中的實際狀況，許多人慣常接受高劑量輻射但不自知，民眾實不需要聞「輻」色變。

註：微侖琴/小時(μR/h)、毫西弗(mSv)、貝克(Bq)、毫西弗/年(mSv/y)

（本文作者為清華大學榮譽退休教授）

# 當核災來臨時…
## 一般民眾如何因應

文．編輯室

### Q1：因應日本災變，民眾如何應變？

答：因應日本災變，建議民眾隨時上網查看原子能委員會的環境輻射監測網頁http://203.69.102.242/gammadetect.php，瞭解台灣各地區即時輻射劑量數值。若原能會評估輻射塵可能擴散至台灣地區，將會事先透過跨部會機制及各類媒體發布警訊。要求民眾提高警覺及採取自我保護行動，並儘量減少外出待在室內，如果必須外出，可穿著長袖、長褲減少皮膚曝露，並戴口罩減少吸入。外出返家後，只要沐浴以及洗滌衣物，就可有效避免污染附著於皮膚上。此外，應避免食用曝露在戶外的食物和飲用水，以確保安全。

### Q2：核子事故時，民眾如何掩蔽？何時需要掩蔽？

答：中央災害應變中心評估核子事故的發展速度，於必要時將下令執行掩蔽行動，並發布民眾預警警報通知。已經在家裡者，應關緊門窗及關閉空調設備；若正走在街上，應迅速進入附近的鋼筋水泥建築物內。如果是在車內，而附近又沒有適當的掩蔽場所，則應關緊車窗及關閉空調設備。民眾也應收看電視或收聽廣播，以了解進一步的事故發展情況及防護行動。




### Q3：核子事故發生時，被疏散的民眾如何進行輻射偵檢？

答：對於搭乘政府安排的車輛疏散至收容站的民眾，在收容站前都必須接受輻射偵檢作業，確定無污染者即進入收容站安置；若有遭受污染，則由除污人員協助除污。自行疏散的民眾或車輛，行經設






有輻射偵測站的交通管制哨時，也需進行人員與車輛偵檢，無污染者放行，有污染者則執行除污作業。

## Q4：核子事故發生時，碘片應如何服用？平時如何貯存？如何取得？



答：一、為防範核電廠緊急意外事故發生時可能因放射性碘洩漏而造成甲狀腺危害，因此應考慮服用碘片，屆時將由核子事故中央災害應變中心下令民眾服用碘片。目前碘片貯存及發放採每人4日份碘片為原則，其中2日份碘片預先發予民眾自行保管，其餘2日份維持集中保管方式，貯存於區鄉鎮衛生所、地區醫院、里長辦公室及核電廠內，於事故發生時，再適時發給需要的民眾。

二、至於緊急應變計畫區（5公里）之外的民眾，原則上並不需要服用碘片。若事故嚴重惡化，可依事故發展狀況及輻射外釋情形，視需要調撥未發生事故的其他核電廠集中貯存的碘片，發給民眾服用。

三、碘片可儲存在室溫下，並保持乾燥，鋁箔包裝應保持完好無損。它和一般藥品保存方式一樣，無特別規範。碘片可放置於一般塑膠盒、塑膠瓶內，且應存放於兒童觸摸不到的地點。

## Q5：核子事故時，預警系統是甚麼？一般民眾如何得知？又該如何應變？

答：一、平時在緊急應變計畫區內的各定點已設有核子事故民眾預警警報站，萬一發生核子事故時，將由原能會輻射監測中心

控制，經由電信專線傳輸至各警報站發放警報。一旦嚴重事故發生，原能會將立即動員成立核子事故中央災害應變中心。

二、核子事故警報聲響為響1秒停1秒，每段時間180秒，解除警報為180秒長音。此外，核子事故時，中央及地方災害應變中心也將利用各種方法（電視、收音機、車輛巡迴廣播、空中警察直昇機廣播、漁業電台廣播等方式），適時通知民眾採取適當的防護措施。民眾只要充分配合，即可有效達到防護目的，確保安全。

三、民眾防護措施包括：1.關緊門窗進入室內掩蔽。2.避免飲用曝露於戶外的食物及飲水。3.淋浴以去除放射性塵粒。4.暫時停止學校及商業活動。5.進行人員及車輛管制。6.疏散。

四、如果中央災害應變中心決定必須疏散，請民眾先到集結點集合，市、縣政府會派車接送到收容站，由收容站提供食宿及醫療照護。等到事故結束後，再安排返家或後續復原作業。

## Q6：核子事故民眾預警廣播系統，目前設置情況如何？

答：核一廠設置4個警報站、核二廠設置7個警報站、核三廠設置6個警報站、龍門電廠設置8個警報站（另延伸設置30個廣播站）。

新北市政府為協助核子事故警報發布，於97及98年利用核子事故緊急應變基金經費於三芝、石門、金山、萬里等區已建置8個民政廣播系統，以擴大警報有效涵蓋範圍，增進預警的效能。另26個里已由台電公司及核子事故緊急應變基金編列預算於100年建置。

龍門電廠緊急應變計畫區內14個里的民政廣播系統，目前規劃由台電公司及核子事故緊急應變基金編列預算於101年建置。

## Q7：政府針對日本進口的農漁產品已進行檢驗，但是否會有如媒體所稱的空窗期？

答：自從日本發生地震及海嘯後，當地的農漁產品已遭受損壞，而輻射劑量是在第二天才昇高，因此地震過後應不致有受放射性污染的農漁產品進口至台灣，也不會有媒體所說的空窗期。

## Q8：政府有沒有能力因應像日本這次多重性的災變？

答：一、以本次日本發生的複合性災害應變及事故損害影響來看，海嘯所造成的生命財產損失，遠大於放射性物質外釋的影響。對於機組搶救需依賴專業人員，動用所有可資利用方式，將反應爐降溫至冷停機，並將爐心完全淹蓋，且保持圍阻體完整，放射性物質即不會外釋，而危害環境與民眾的健康及財產。至於民眾的收容與安置，則與一般天然災害作業模式並無差異。因此，若發生類似複合式災害，由原能會負責核子事故應變作業，配合海嘯災害主管機關（內政部）的災民救助，採專業分工，相互合作進行災變處理。

二、為因應複合性災害的發生，原能會規劃的核安演習自97年起，在事故情境設定時即假設電廠機組發生事故，於搶救期間伴隨發生地震或颱風的複合式災害，以驗證災害防救能力。往後的核安演習規劃，將持續驗證並精進現有災害防救應變機制，以確保核能安全。

來源：http://www.aec.gov.tw/www/fukushima/files/index_04-0317.pdf

# 核能新聞

文．編輯室

## 總統：核電廠不停止運作 核四不停工

歷經強震海嘯，日本核安拉警報，接連發生爆炸事件，國內立委、環團要求核四停工，核一、二、三廠應該停止延役。對此，總統馬英九強調，日本發生核災，國內政策沒有大幅度改變，提昇安全是國際間一致共識，運轉中的核電廠不需停止，是否延役還要檢討，至於興建中的核四，將要求加強安全防護。

日本福島核電廠輻射外洩疑慮擴大，觸動各國反核聲浪，國內立法院衛環委員會通過核四停工的臨時提案，環保團體強烈要求老舊的核一、核二廠必須屆齡除役，不應該再提延役計畫，對此，馬英九總統15日上午率官員視察原能會時強調．日本發生核災事件，世界各國包括日本在內，都未大幅修改核能政策，提高安全是一致的共識，國內核能政策不變。

「如果要停止運作，那一定要已經發生緊急的危險時才這樣做，目前這種現象還沒有出現，所以不需要停止運作，繼續運作；那要不要延役，我們會做進一步的檢討，這也要考慮到世界的趨勢和我們能源的需求。」

馬英九表示，將檢討國內核一、二、三廠，包含興建中的核四，面對綜合性災變的防護能力，要求就已知的資訊做到最好，此外，將儘快落實簡訊通知地震的訊息，內政部也規劃好相關逃生路徑圖、設計救難包。未來核安演習將與其他演習共同舉辦，透過重複練習，變成本能反應，讓民眾熟悉緊急應變程序，因應未來可能災變的挑戰。

來源：中廣新聞網 2011/03/15

## 經濟部長施顏祥：核能發電還是有必要的　核四應繼續興建

立法院經濟委員會今日邀請經濟部、內政部、行政院原子能委員會、經濟部地質調查所及台灣電力公司等單位報告「我國核能電廠防範地震、火災或海嘯等災害的安全防護措施」，並備質詢。

日本發生核安事故後，核四廠是否應繼續興建，以及現有3座核電廠除役問題也成為立委們關切的焦點。經濟部長施顏祥今（17）日表示，由於國內的能源都靠進口，為維持供電的安全穩定，核能發電還是有必要的。至於核四，目前燃料棒還沒裝填，機電、土木工程等都跟核安無關，現階段還是應繼續興建，但在燃料裝填前應該要審慎評估是否安全。

至於現有3座核電廠延役的問題，施顏祥指出，目前核一廠的延役案已經送到原能會，經濟部一定會配合做嚴謹的審查，以確保國人安全作為最高的考慮。

施顏祥也表示，由於國內的能源都仰賴進口，必須要多元化，核能發電占一定比例，而為維持供電的安全穩定，核能發電還是有其必要性。

來源：本刊訊 2011/03/17

## 中國大陸核能發展 不受福島事故影響

日本大地震波及國內核電設施，引發憂慮，新華社報導引述紅沿河核電廠工程主管說法，大陸目前在核電站選址時，已充分考慮地震及其它自然災害因素，在工程設計和建設時，也對抗震採取有效措施，落實縱深防禦原則。

報導指出，大陸核電站在放射性物質和外在環境之間，至少設置燃料包殼、反應堆壓力容器、核島安全殼等3道屏障；而紅沿河核電廠則採用安全性更高的中國改進型壓水堆技術方案，以增加抗震能力。

根據中國大陸「十二五」規劃指出，從2011年到2015年要開工建設4,000萬瓩的核能發電，不過中國大陸國務院16日決定，在核安全規劃批准前，暫停審批新核能項目。

儘管中國大陸的核電廠反應爐與福島的不一樣，但是大自然的力量人類無法預計，因而中國大陸國務院總理溫家寶昨天主持國務院常務會議仍然決定，立即全面檢查中國的核設施安全，調整完善核電發展中長期規劃，加緊編製核安全規劃，在核安全規劃批准前，暫停審批核電項目。

前中國國家能源局局長張國寶於2010年9月表示，中國已核准的核電機組有34台，裝機容量3,692萬瓩，其中已開工在建機組25座、2,773萬瓩，是全球核電在建規模最大的國家。

來源：本刊訊 2011/03/17

## 核能計畫 暫停？繼續？ 各國反應不同調

隨著日本福島電廠的核能危機逐漸擴大，全球各核能工業國家都在緊盯著東京電力公司的應變行動。在此同時，各國政府也回頭檢視自家的核能發展政策，做出的回應與態度各有不同。

**美國**：美國總統歐巴馬表示，雖然日本在大地震後，福島電廠出現了問題，但美國將依既定計畫，繼續建設核電廠。歐巴馬強調，重要的是，要確保核子設施的安全性與有效性。為了降低美國對石化燃料，也就是石油、煤炭等的依賴，美國必須繼續發展核能。

他強調，已經指示美國核能管制委員會，要從福島電廠事件中吸取教訓，進一步確保美國的核子安全。而能源部長朱棣文則是在參議院參加聽證會時表示，美國應該推動能源多樣化；而核能在美國能源當中，仍然佔有重要地位。白宮發言人卡尼表示，核能仍是歐巴馬整體能源計畫的一部分。

**歐盟**：歐盟執委會主管能源事務委員鄂汀格表示，從今年下半年起，就歐盟會員國內的143座核子反應爐展開壓力測試，針對核電廠的冷卻系統、運轉穩定性、因應地震、海嘯等天災，以及恐怖攻擊等人為破壞，制訂一份嚴格測試的指標。這項核能安全壓力測試非強迫性，而以各國自願接受為主。但歐盟各國均對此表示支持。

德國總理梅克爾和法國總統薩科奇並已同意，共同推動把核能安全列入3月底於法國舉行的20大工業國（G20）領袖峰會議程。

依歐盟統計，歐盟國家目前所使用的電力，1/3來自核能發電，占能源使用總量的15%。根據「歐洲核能學會」（ENS），目前歐洲共有195座運作中的核子反應爐，其中143座位於歐盟國家內。

**德國**：德國總理梅克爾15日宣布，暫時關閉7座核電廠，德國目前有17座核電廠。梅克爾決定，重新考慮老舊核電廠是否延役。

來源：本刊訊 2011/03/22

## 原能會用過核子燃料乾式貯存的安全管制說明

針對今(21)日媒體報導「乾式儲存核廢料安全堪慮」，原能會謹就用過核子燃料乾式貯存的特性說明如下：

用過核子燃料乾式貯存，是指將用過核子燃料裝入金屬密封鋼筒，經充填惰性氣體

後，以二層封蓋銲接密封，確保放射性物質不會外釋；金屬密封鋼筒再以混凝土護箱作為輻射屏蔽，可有效降低輻射劑量。另乾式貯存護箱藉由空氣自然對流，可有效移除用過核子燃料的餘熱，為兼具安全和綠能環保的設計。

國內核一廠及核二廠的乾式貯存設施的設計，是引進美國核管會核准的貯存護箱系統，其對廠界個人年有效劑量不超過0.05毫西弗，為我國現行法規一般民眾輻射劑量限值1毫西弗的1/20。乾式貯存設施須經安全評估分析，在各種意外事故及天然災害發生時，均必須維持其結構完整性，使放射性物質不會外釋至環境，以確保環境品質與民眾健康。

用過核子燃料乾式貯存已經是成熟的技術，也是目前國際間普遍採行的做法。截至99年12月止，世界上的乾式貯存設施共有98座，分布於22個國家；其中美國的乾式貯存設施已有55座，德國16座、加拿大有7座。用過核子燃料乾式貯存設施的長期運轉安全，依據美國核管會有關乾式貯存的風險評估研究，顯示乾式貯存設施發生危害性風險的機率極低微。

美國首座用過核子燃料乾式貯存設施，位於維吉尼亞州的 Surry核電廠，自1986年開始運轉至今25年，美國核管會已核准該貯存設施可運轉至2046年，顯示乾式貯存可靠性無虞。

美國Point Beach核電廠於1996年5月22日進行密封鋼筒屏蔽蓋封銲作業時，發生氫氣燃燒事件。該事件美國核管會已處分電廠，並要求改正。依據核一廠用過核子燃料乾式貯存案密封鋼筒封銲操作程序書的規定，執行封銲作業時，必須全程以氬氣沖流密封鋼筒，並全程進行氫氣濃度偵測作業，作業過程中若發現氫氣濃度超過2.4%時 (氫氣燃燒濃度下限為4%)將立即停止銲接作業，持續以氬氣沖流，直至氫氣濃度降至2.4%以下才可繼續銲接，因此不會發生氫氣燃燒事件。

原能會為管制乾式貯存設施的興建及營運品質，貯存密封鋼筒製造期間，每季均派員檢查，以確保其品質。另已規劃施工階段及試運轉階段的檢查作業，將適時邀請地方代表、環保團體、學者專家參與。設施興建完成後，台電公司須提出試運轉計畫及運轉執照申請，經審查通過發給運轉執照後，才能進行貯存作業。原能會網站也已建置「核一廠乾貯管制專區」，期使乾式貯存的管制資訊公開透明化，使民眾因瞭解而安心、放心。

來源：原能會 2011/03/21

## 原能會訂定商品檢測輻射管制暫行標準

一、因應此次日本福島核電廠的意外事故，有關自日本進口商品的輻射管制暫行標準訂為每小時0.2微西弗。但天然放射性物質造成的劑量不在此限。

二、小於每小時0.2微西弗的商品均予放行；若檢測結果超過每小時0.2微西弗的商品，其所有人應進行除污或將商品逕行退運。

三、前項除污應委請本會認可合格的輻射防護偵測業者執行。合格的輻射防護偵測業者是指經本會認可，且其認可項目中含非密封放射性物質偵測的機構。其名單請至原能會網站（http://www.aec.gov.tw/www/news/article.php?id=2383&seledtype=3）下載附件檔案。

來源：原能會 2011/03/21

## 我國核一廠防海嘯閘門吊車 並非沒人理

有關媒體報導「核一廠防海嘯閘門吊車壞20年沒人理」，台電澄清說明如下:

核一廠防海嘯閘門原設有拱門型吊車，

是利用人力推動方式操作手拉式鍊條控制閘門。該裝置因位於海邊，受海風吹襲，維護不易，核一廠遂於83年間將閘門開關改為移動式吊車替代操作，並於每年7月依照核一廠作業程序書測試閘門開關，絕無「吊車損壞沒人理」之情事。

目前核一廠防海嘯閘門已由原來的常開，改為平時即關閉至定位，不但不會妨礙電廠正常運轉，且可隨時防範海嘯來襲。台電未來將儘速增設電動操作的拱門型吊車，並採防鏽設計，將關閉時間降至2至5分鐘，預定6個月內可完成更新。

來源：台電公司 2011/03/21

## 日本的進口食品都要檢驗

日本福島核電廠輻射外洩，臨近核電廠縣市生產的蔬菜中測出放射性含量超過基準值後，日本內閣官房長官枝野幸男昨天表示，福島核電廠周邊的茨城、櫪木、群馬與福島4個縣禁止運出菠菜、油菜與茼蒿，福島縣另禁運牛奶。

日本當局檢測核電廠周圍農產品發現，福島縣的牛奶放射性含量超過基準值17倍，自來水的放射性含量也超過日本國家標準3.2倍。雖然在福島核電廠西北方3公里的飯館村，如果每天飲用這種自來水1公升的話所接受的輻射劑量大約等同於照1次胸腔x光的1/26，但當局仍提醒居民勿生飲自來水。東京與福島周圍縣市的自來水也出現放射性異常，不過放射性含量值仍遠低於基準值。

枝野幸男官房長在記者會中表示，即使吃到這些食物數次，也不會立即對健康造成危害，要求民眾保持冷靜。枝野幸男並建議東京電力公司要賠償農民損失。

因應日本核災危機，我國總統府於3月21日召開因應災變專案小組會議，指示加強檢驗日本進口商品；會後新聞局舉行記者會宣布因應措施，即日起除日本進口食品外，一般商品也要做放射性含量檢驗。

政府原本僅針對福島、宮城、茨城等3縣的食品逐批檢驗，但從3月20日起，只要是日本進口的生鮮、冷藏、冷凍、乳品、嬰兒食品、礦泉水等食品，都要逐批全面查驗；3月12日以後製造加工包裝的食品，也將進行查驗。一般檢驗不合標準的食物，通常是銷毀或退運，但放射性濃度過量的產品，會有不同的處置方式。衛生署將與原能會討論後，做適當處理。

來源：本刊訊 2011/03/22

## 針對日本福島核能電廠事故 原能會相關因應說明

原能會設置於松山機場、桃園機場及小港機場的輻射門框偵檢器，截至3月23日早上11:00止共檢測39,734人次，其中檢測出超過儀器設定值共有40人。

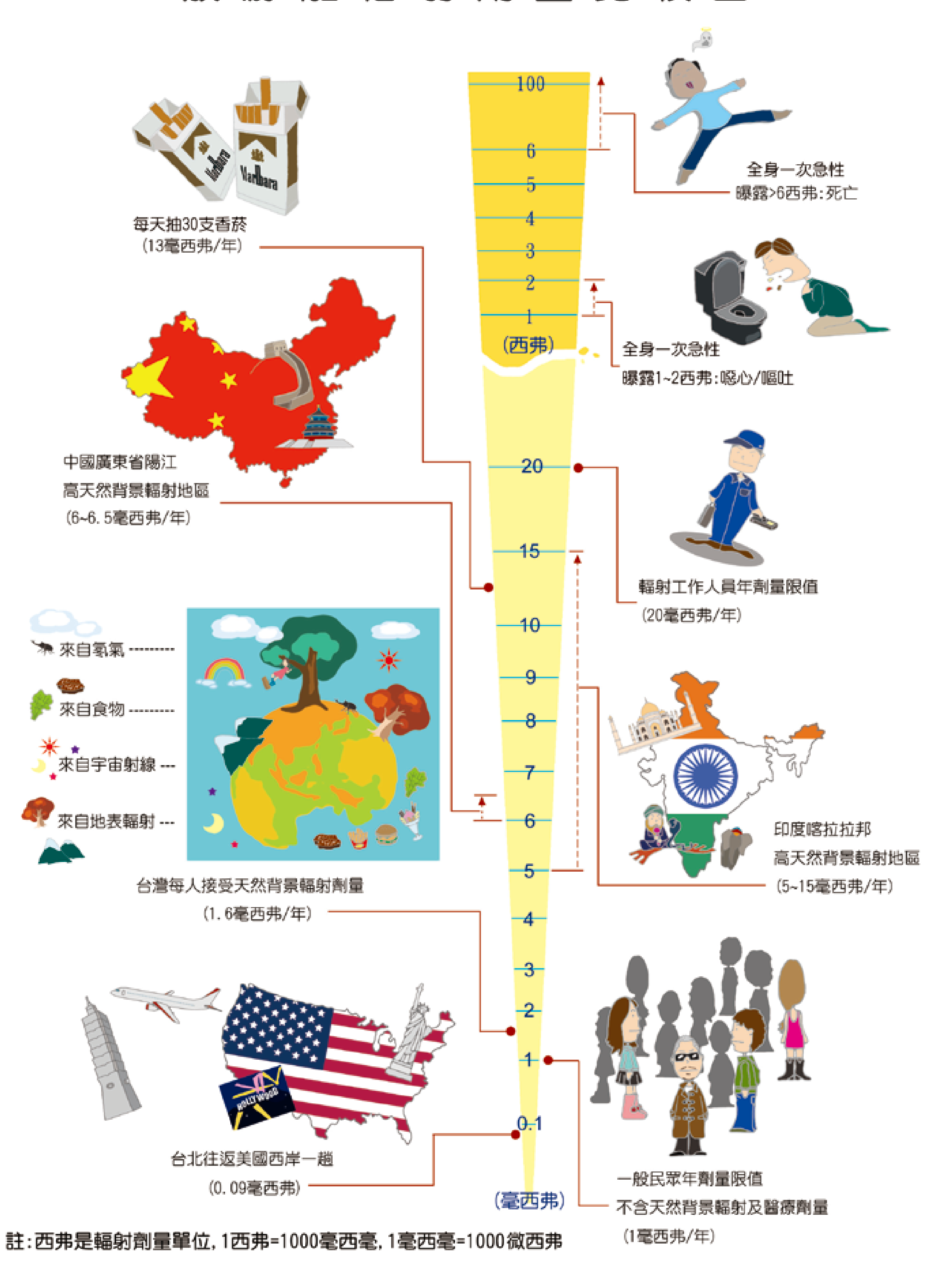
原能會針對日本進口食品檢測部分，目前已檢測包括乳品、酒、水果、飲料、海產品、咖哩、山藥、調味粉、糖果、蠶豆、麵類等食品232件，除了3月19日量測到生蠶豆樣品有微量的碘-131及銫-137，其他未檢出碘-131及銫-137等核種，皆符合規定。

目前原能會進行日本進口檢測，是配合衛生署食品藥物管理局取樣，直接或快遞送到原能會輻射偵測中心偵測，輻射偵測中心接獲樣品後立即偵測，樣品偵測結果立即以電話通知食品藥物管理局。

原能會輻射偵測中心設置全國的30處即時輻射偵測站，目前功能正常，每5分鐘更新偵測數據，且數據顯示均於正常變動範圍，請民眾安心。

來源：原能會 2011/03/23

# 一般游離輻射劑量比較圖




註:西弗是輻射劑量單位,1西弗=1000毫西毫,1毫西毫=1000微西弗